

# SISTEMA NERVOSO

**A bibliografia básica para a disciplina Anatomia II é o Neuroanatomia Funcional de Ângelo Machado e o Anatomia Humana de Fattini. Este material é para suplementação bibliográfica.**

## Conteúdo

1. Introdução
2. Células do Sistema nervoso (SN)
3. Impulso nervoso (potencial de ação e sinapses)
4. Neurotransmissores
5. Tipos de neurônios
6. Neuróglia
7. Embriogênese
8. Divisão do SN
  - 8.1- SNC (telencéfalo, diencefalo, tronco encefálico, cerebelo e medula espinhal)
  - 8.2- SN Periférico (SNP - nervos cranianos e raquidianos)
  - 8.3- SNP somático
  - 8.4- SNP autônomo (simpático e parassimpático)
9. O álcool e os neurotransmissores
10. Depressão, ansiedade e neurotransmissores
11. Atos reflexos

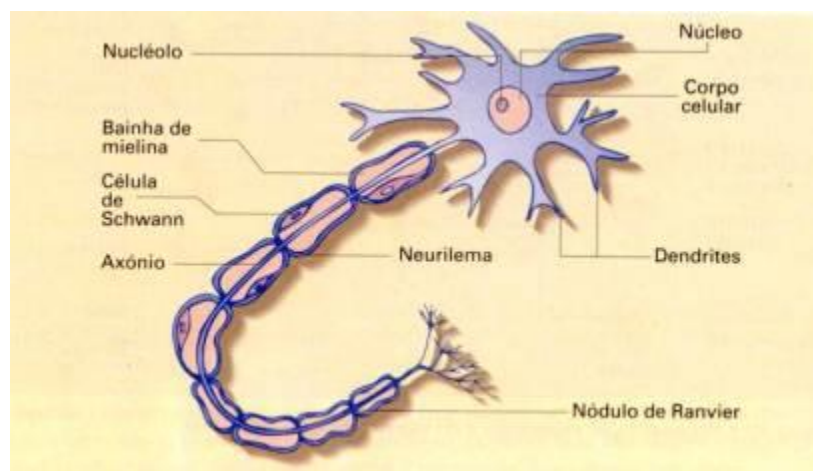
## SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso, juntamente com o [sistema endócrino](#), capacitam o organismo a perceber as variações do meio (interno e externo), a difundir as modificações que essas variações produzem e a executar as respostas adequadas para que seja mantido o equilíbrio interno do corpo (homeostase). São os sistemas envolvidos na coordenação e regulação das funções corporais.

No sistema nervoso diferenciam-se duas linhagens celulares: os **neurônios** e as **células da glia** (ou da [neurógli](#)a). Os **neurônios** são as células responsáveis pela recepção e transmissão dos estímulos do meio (interno e externo), possibilitando ao organismo a execução de respostas adequadas para a manutenção da homeostase. Para exercerem tais funções, contam com duas propriedades fundamentais: a **irritabilidade** (também denominada excitabilidade ou responsividade) e a **condutibilidade**. Irritabilidade é a capacidade que permite a uma célula responder a estímulos, sejam eles internos ou externos. Portanto, irritabilidade não é uma resposta, mas a propriedade que torna a célula apta a responder. Essa propriedade é inerente aos vários tipos celulares do organismo. No entanto, as respostas emitidas pelos tipos celulares distintos também diferem umas das outras. A resposta emitida pelos neurônios assemelha-se a uma corrente elétrica transmitida ao longo de um fio condutor: uma vez excitados pelos estímulos, os neurônios transmitem essa onda de excitação - chamada de **impulso nervoso** - por toda a sua extensão em grande velocidade e em um curto espaço de tempo. Esse fenômeno deve-se à propriedade de **condutibilidade**.

Para compreendermos melhor as funções de coordenação e regulação exercidas pelo sistema nervoso, precisamos primeiro conhecer a estrutura básica de um neurônio e como a mensagem nervosa é transmitida.

Um neurônio é uma célula composta de um **corpo celular** (onde está o núcleo, o citoplasma e o citoesqueleto), e de finos prolongamentos celulares denominados **neuritos**, que podem ser subdivididos em **dendritos** e **axônios**.



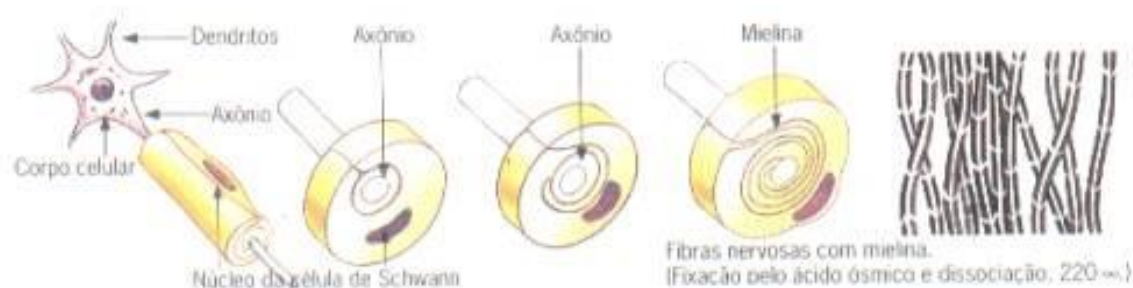
Os **dendritos** são prolongamentos geralmente muito ramificados e que atuam como **receptores** de estímulos, funcionando portanto, como "antenas" para o neurônio. Os axônios são prolongamentos longos que atuam como **condutores** dos impulsos nervosos. Os **axônios** podem

se ramificar e essas ramificações são chamadas de colaterais. Todos os axônios têm um início (cone de implantação), um meio (o axônio propriamente dito) e um fim (**terminal axonal** ou **botão terminal**). O terminal axonal é o local onde o axônio entra em contato com outros neurônios e/ou outras células e passa a informação (impulso nervoso) para eles. A região de passagem do impulso nervoso de um neurônio para a célula adjacente chama-se **sinapse**. Às vezes os axônios têm muitas ramificações em suas regiões terminais e cada ramificação forma uma sinapse com outros dendritos ou corpos celulares. Estas ramificações são chamadas coletivamente de arborização terminal.

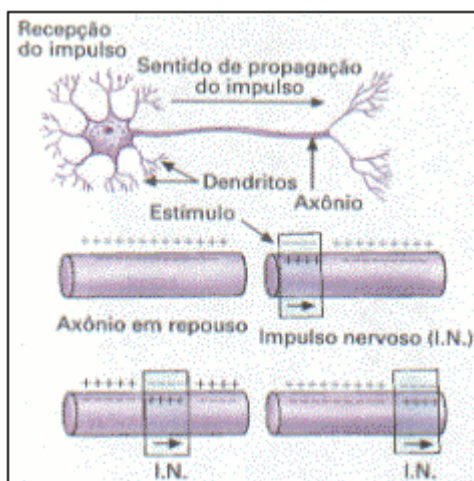
Os corpos celulares dos neurônios são geralmente encontrados em áreas restritas do sistema nervoso, que formam o **Sistema Nervoso Central (SNC)**, ou nos **gânglios nervosos**, localizados próximo da coluna vertebral.

Do sistema nervoso central partem os prolongamentos dos neurônios, formando feixes chamados **nervos**, que constituem o **Sistema Nervoso Periférico (SNP)**.

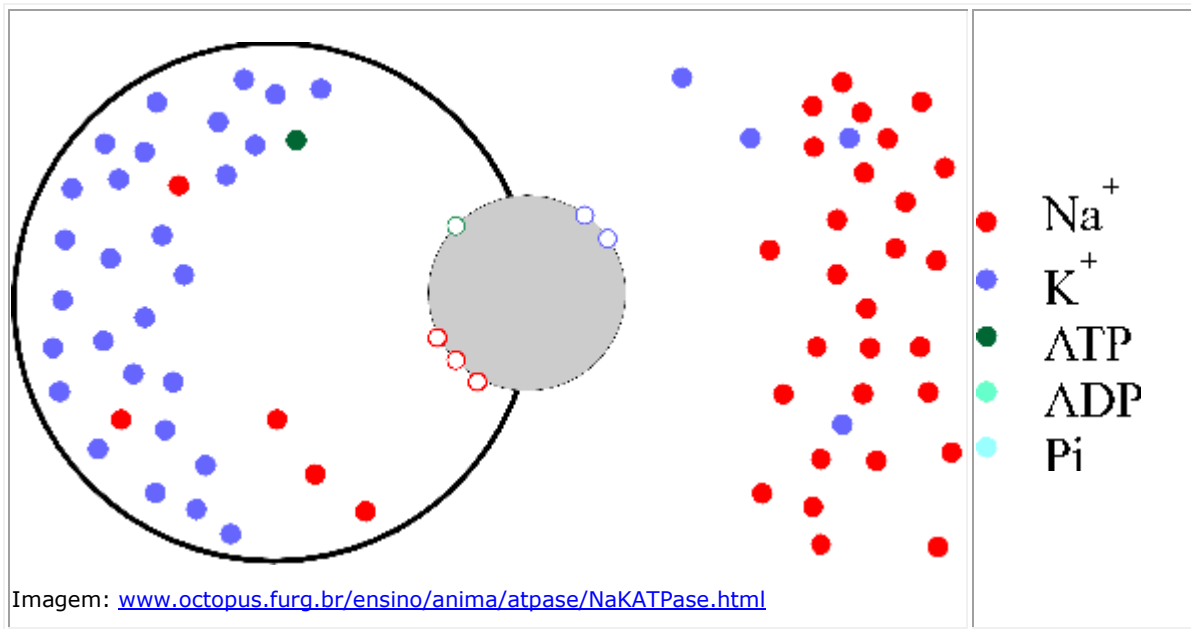
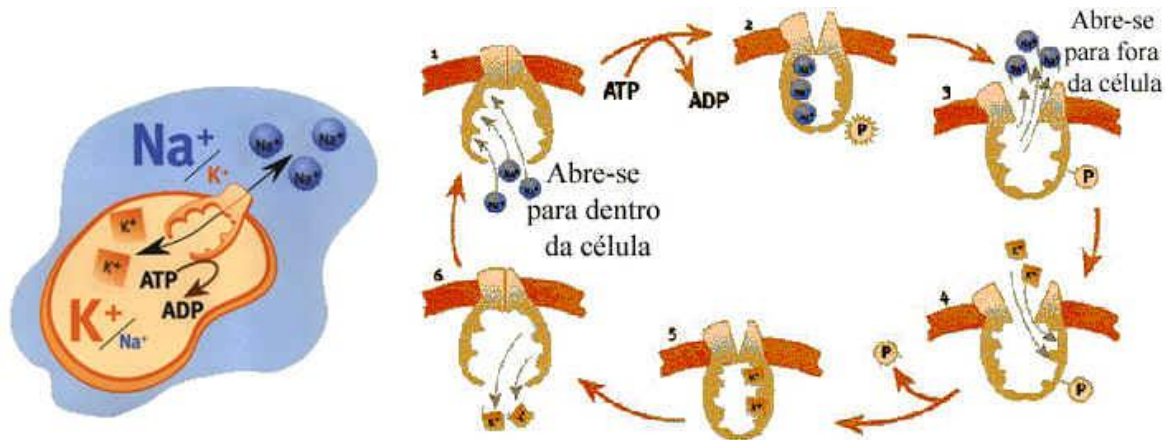
O axônio está envolvido por um dos tipos celulares seguintes: **célula de Schwann** (encontrada apenas no SNP) ou **oligodendrócito** (encontrado apenas no SNC). Em muitos axônios, esses tipos celulares determinam a formação da **bainha de mielina** - invólucro principalmente lipídico (também possui como constituinte a chamada proteína básica da mielina) que atua como isolante térmico e facilita a transmissão do impulso nervoso. Em axônios mielinizados existem regiões de descontinuidade da bainha de mielina, que acarretam a existência de uma constrição (estrangulamento) denominada **nódulo de Ranvier**. No caso dos axônios mielinizados envolvidos pelas células de Schwann, a parte celular da bainha de mielina, onde estão o citoplasma e o núcleo desta célula, constitui o chamado **neurilema**.



## O impulso nervoso



A membrana plasmática do neurônio transporta alguns íons ativamente, do líquido extracelular para o interior da fibra, e outros, do interior, de volta ao líquido extracelular. Assim funciona a **bomba de sódio e potássio**, que bombeia ativamente o sódio para fora, enquanto o potássio é bombeado ativamente para dentro. Porém esse bombeamento não é equitativo: para cada três íons sódio bombeados para o líquido extracelular, apenas dois íons potássio são bombeados para o líquido intracelular.



Somando-se a esse fato, em repouso a membrana da célula nervosa é praticamente impermeável ao sódio, impedindo que esse íon se mova a favor de seu gradiente de concentração (de fora para dentro); porém, é muito permeável ao potássio, que, favorecido pelo gradiente de concentração e pela permeabilidade da membrana, se difunde livremente para o meio extracelular.

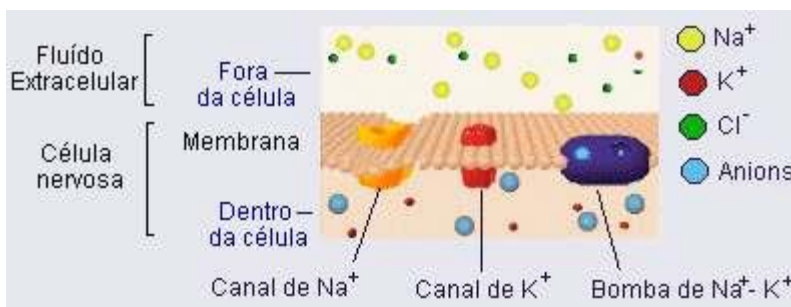


Imagem: [www.epub.org.br/cm/n10/fundamentos/animation.html](http://www.epub.org.br/cm/n10/fundamentos/animation.html)

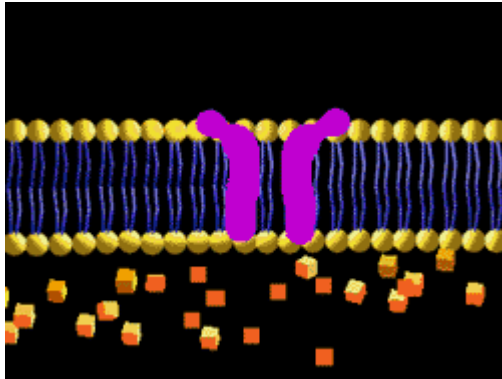
Em repouso: canais de sódio fechados. Membrana é praticamente impermeável ao sódio, impedindo sua difusão a favor do gradiente de concentração.

Sódio é bombeado ativamente para fora pela bomba de sódio e potássio.

Como a saída de sódio não é acompanhada pela entrada de potássio na mesma proporção, estabelece-se uma diferença de cargas elétricas entre os meios intra e extracelular: há déficit de cargas positivas dentro da célula e as faces da membrana mantêm-se eletricamente carregadas.

O potencial eletronegativo criado no interior da fibra nervosa devido à bomba de sódio e potássio é chamado **potencial de repouso da membrana**, ficando o exterior da membrana positivo e o interior negativo. Dizemos, então, que a membrana está **polarizada**.

Meio interno



Meio externo

Ao ser estimulada, uma pequena região da membrana torna-se permeável ao sódio (abertura dos canais de sódio). Como a concentração desse íon é maior fora do que dentro da célula, o sódio atravessa a membrana no sentido do interior da célula. A entrada de sódio é acompanhada pela pequena saída de potássio. Esta inversão vai sendo transmitida ao longo do axônio, e todo esse processo é denominado **onda de despolarização**. Os **impulsos nervosos** ou **potenciais de ação** são causados pela despolarização da membrana além de um **limiar** (nível crítico de despolarização que deve ser alcançado para disparar o potencial de ação). Os potenciais de ação assemelham-se em tamanho e duração e não diminuem à medida em que são conduzidos ao longo do axônio, ou seja, são de tamanho e duração fixos. A aplicação de uma despolarização crescente a um neurônio não tem qualquer efeito até que se cruze o limiar e, então, surja o potencial de ação. Por esta razão, diz-se que os potenciais de ação obedecem à "**lei do tudo ou nada**".

Imagem:

[www.biomania.com.br/citologia/membrana.php](http://www.biomania.com.br/citologia/membrana.php)

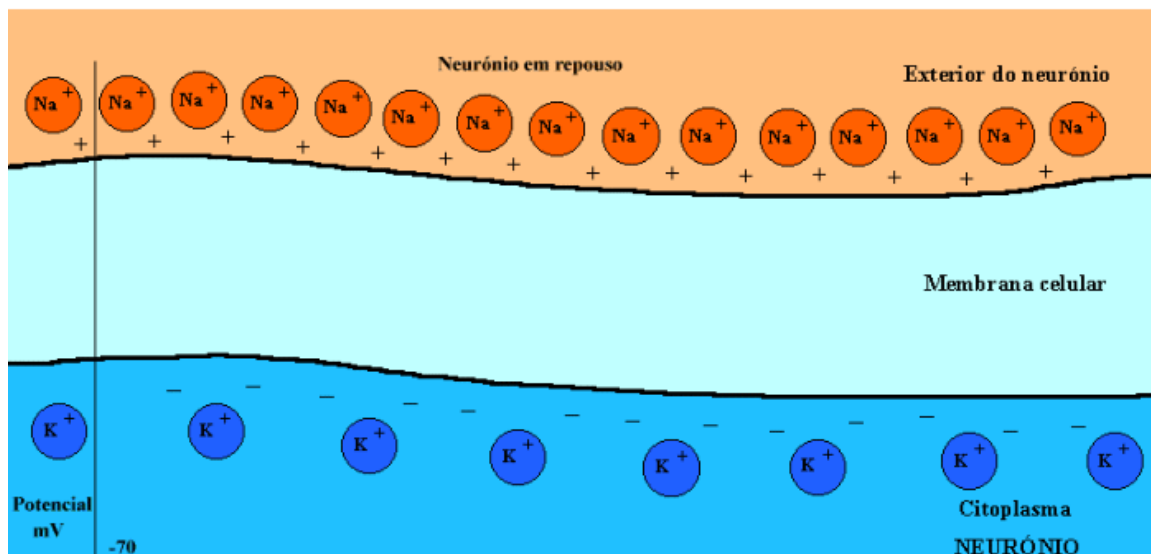
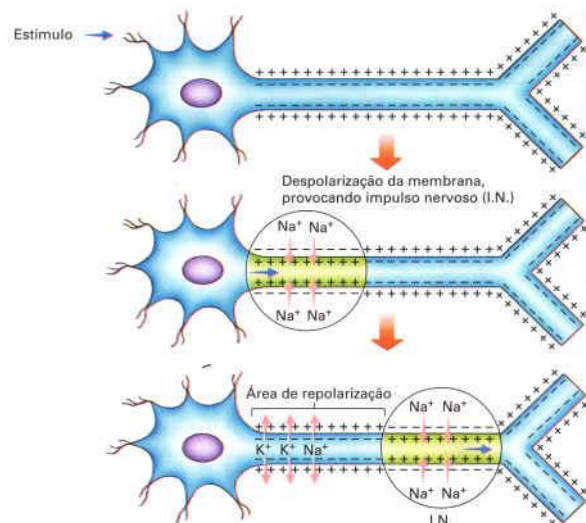
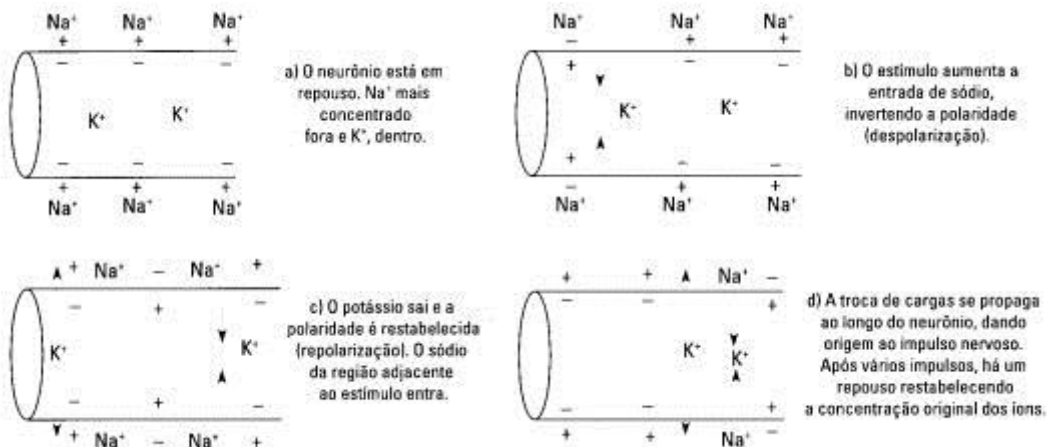


Imagem: [geocities.yahoo.com.br/jcc5001pt/museuelectrofisiologia.htm#impulsos](http://geocities.yahoo.com.br/jcc5001pt/museuelectrofisiologia.htm#impulsos)

Imediatamente após a onda de despolarização ter-se propagado ao longo da fibra nervosa, o interior da fibra torna-se carregado positivamente, porque um grande número de íons sódio se



difundiu para o interior. Essa positividade determina a parada do fluxo de íons sódio para o interior da fibra, fazendo com que a membrana se torne novamente impermeável a esses íons. Por outro lado, a membrana torna-se ainda mais permeável ao potássio, que migra para o meio interno. Devido à alta concentração desse íon no interior, muitos íons se difundem, então, para o lado de fora. Isso cria novamente eletronegatividade no interior da membrana e positividade no exterior – processo chamado **repolarização**, pelo qual se reestabelece a polaridade normal da membrana. A repolarização normalmente se inicia no mesmo ponto onde se originou a despolarização, propagando-se ao longo da fibra. Após a repolarização, a bomba de sódio bombeia novamente os íons sódio para o exterior da membrana, criando um déficit extra de cargas positivas no interior da membrana, que se torna temporariamente mais negativo do que o normal. A eletronegatividade excessiva no interior atrai íons potássio de volta para o interior (por difusão e por transporte ativo). Assim, o processo traz as diferenças iônicas de volta aos seus níveis originais.



Para transferir informação de um ponto para outro no sistema nervoso, é necessário que o potencial de ação, uma vez gerado, seja conduzido ao longo do axônio. Um potencial de ação iniciado em uma extremidade de um axônio apenas se propaga em uma direção, não retornando pelo caminho já percorrido. Conseqüentemente, os potenciais de ação são **unidirecionais** - ao que chamamos **condução ortodrômica**. Uma vez que a membrana axonal é excitável ao longo de toda sua extensão, o potencial de ação se propagará sem decaimento. A velocidade com a

qual o potencial de ação se propaga ao longo do axônio depende de quão longe a despolarização é projetada à frente do potencial de ação, o que, por sua vez, depende de certas características físicas do axônio: a velocidade de condução do potencial de ação aumenta com o diâmetro axonal. Axônios com menor diâmetro necessitam de uma maior despolarização para alcançar o limiar do potencial de ação. Nesses de axônios, presença de bainha de mielina acelera a velocidade da condução do impulso nervoso. Nas regiões dos nódulos de Ranvier, a onda de despolarização "salta" diretamente de um nódulo para outro, não acontecendo em toda a extensão da região mielinizada (a mielina é isolante). Fala-se em **condução saltatória** e com isso há um considerável aumento da velocidade do impulso nervoso.

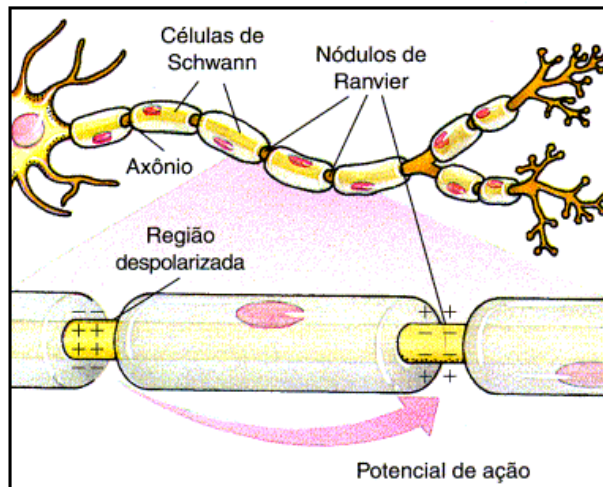
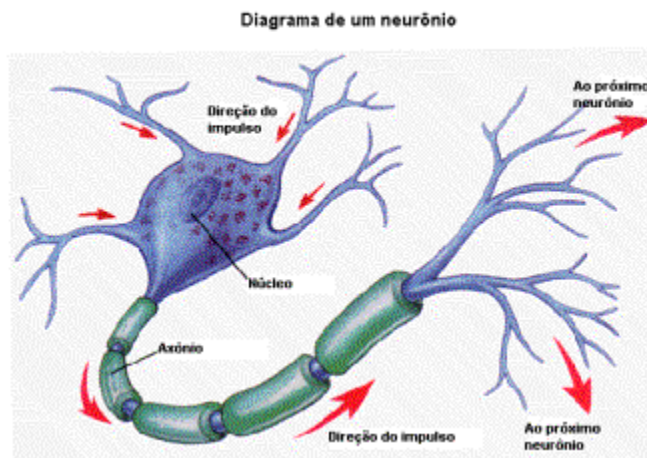


Imagem: AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. Conceitos de Biologia. São Paulo, Ed. Moderna, 2001. vol. 2.

O percurso do impulso nervoso no neurônio é sempre no sentido **dendrito → corpo celular → axônio**.

Breun & Bendmark: Introductory Psychology Electronic Image Bank copyright © 1985 Times Mirror Higher Education Group, Inc.



## Sinapses

Sinapse é um tipo de junção especializada em que um terminal axonal faz contato com outro neurônio ou tipo celular. As sinapses podem ser elétricas ou químicas (maioria).

### Sinapses elétricas

As sinapses elétricas, mais simples e evolutivamente antigas, permitem a transferência direta da corrente iônica de uma célula para outra. Ocorrem em sítios especializados denominados **junções gap** ou **junções comunicantes**. Nesses tipos de junções as membranas pré-sinápticas (do axônio - transmissoras do impulso nervoso) e pós-sinápticas (do dendrito ou corpo celular - receptoras do impulso nervoso) estão separadas por apenas 3 nm. Essa estreita fenda é ainda atravessada por proteínas especiais denominadas **conexinas**. Seis conexinas reunidas formam um canal denominado **conexon**, o qual permite que íons passem diretamente do citoplasma de uma célula para o de outra. A maioria das junções gap permite que a corrente iônica passe adequadamente em ambos os sentidos, sendo desta forma, **bidirecionais**.

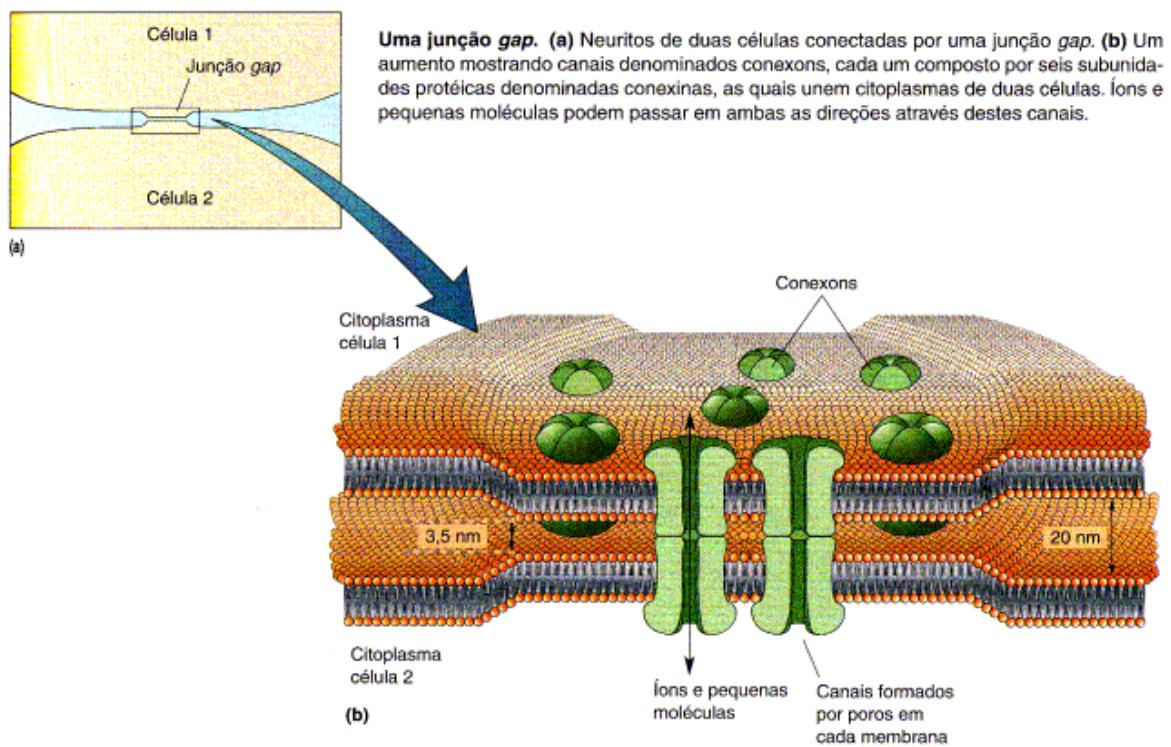


Imagem: BEAR, M.F., CONNORS, B.W. & PARADISO, M.A. Neurociências – Desvendando o Sistema Nervoso. Porto Alegre 2ª ed, Artmed Editora, 2002.

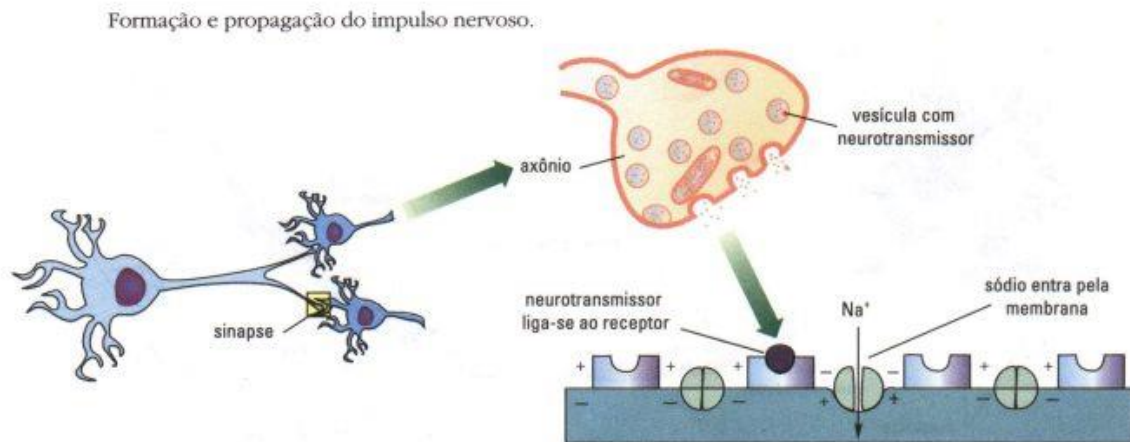
Em invertebrados, as sinapses elétricas são comumente encontradas em circuitos neuronais que medeiam respostas de fuga. Em mamíferos adultos, esses tipos de sinapses são raras, ocorrendo frequentemente entre neurônios nos estágios iniciais da embriogênese.

### Sinapses químicas

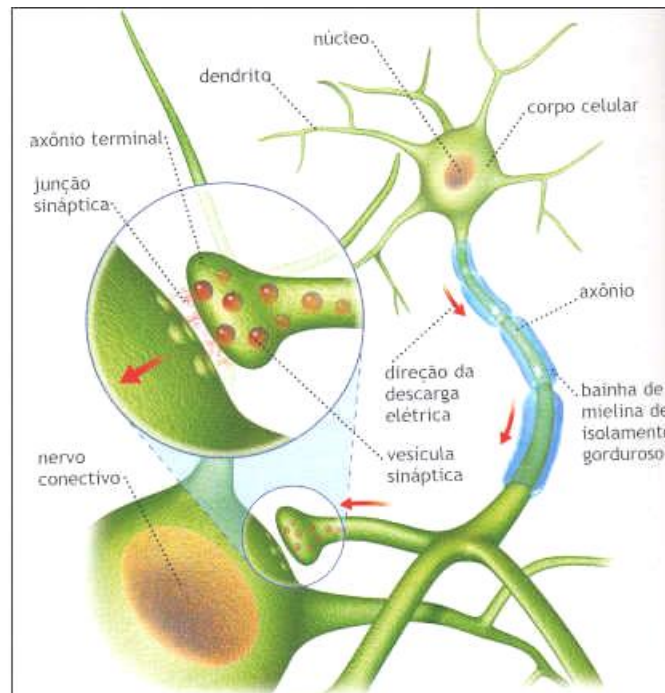
Via de regra, a transmissão sináptica no sistema nervoso humano maduro é química. As membranas pré e pós-sinápticas são separadas por uma fenda com largura de 20 a 50 nm - a **fenda sináptica**. A passagem do impulso nervoso nessa região é feita, então, por substâncias



químicas: os **neuro-hormônios**, também chamados **mediadores químicos** ou **neurotransmissores**, liberados na fenda sináptica. O terminal axonal típico contém dúzias de pequenas vesículas membranosas esféricas que armazenam neurotransmissores - as **vesículas sinápticas**. A membrana dendrítica relacionada com as sinapses (pós-sináptica) apresenta moléculas de proteínas especializadas na detecção dos neurotransmissores na fenda sináptica - os **receptores**. Por isso, a transmissão do impulso nervoso ocorre sempre do axônio de um neurônio para o dendrito ou corpo celular do neurônio seguinte. Podemos dizer então que nas sinapses químicas, a informação que viaja na forma de impulsos elétricos ao longo de um axônio é convertida, no terminal axonal, em um sinal químico que atravessa a fenda sináptica. Na membrana pós-sináptica, este sinal químico é convertido novamente em sinal elétrico.



O impulso nervoso passa pela sinapse através de neurotransmissores, que promovem a entrada de sódio no neurônio, provocando a inversão de cargas elétricas e a condução de um impulso nervoso no neurônio estimulado.



Como o citoplasma dos axônios, inclusive do terminal axonal, não possui ribossomos, necessários à síntese de proteínas, as proteínas axonais são sintetizadas no soma (corpo celular), empacotadas em vesículas membranosas e transportadas até o axônio pela ação de uma proteína chamada **cinesina**, a qual se desloca sobre os microtúbulos, com gasto de ATP. Esse transporte ao longo do axônio é denominado **transporte axoplasmático** e, como a cinesina só desloca material do soma para o terminal, todo movimento de material neste sentido é chamado de **transporte anterógrado**. Além do transporte anterógrado, há um mecanismo para o deslocamento de material no axônio no sentido oposto, indo do terminal para o soma. Acredita-se que este processo envia sinais para o soma sobre as mudanças nas necessidades metabólicas do terminal axonal. O movimento neste sentido é chamado **transporte retrógrado**.

As sinapses químicas também ocorrem nas junções entre as terminações dos axônios e os músculos; essas junções são chamadas **placas motoras** ou **junções neuro-musculares**.

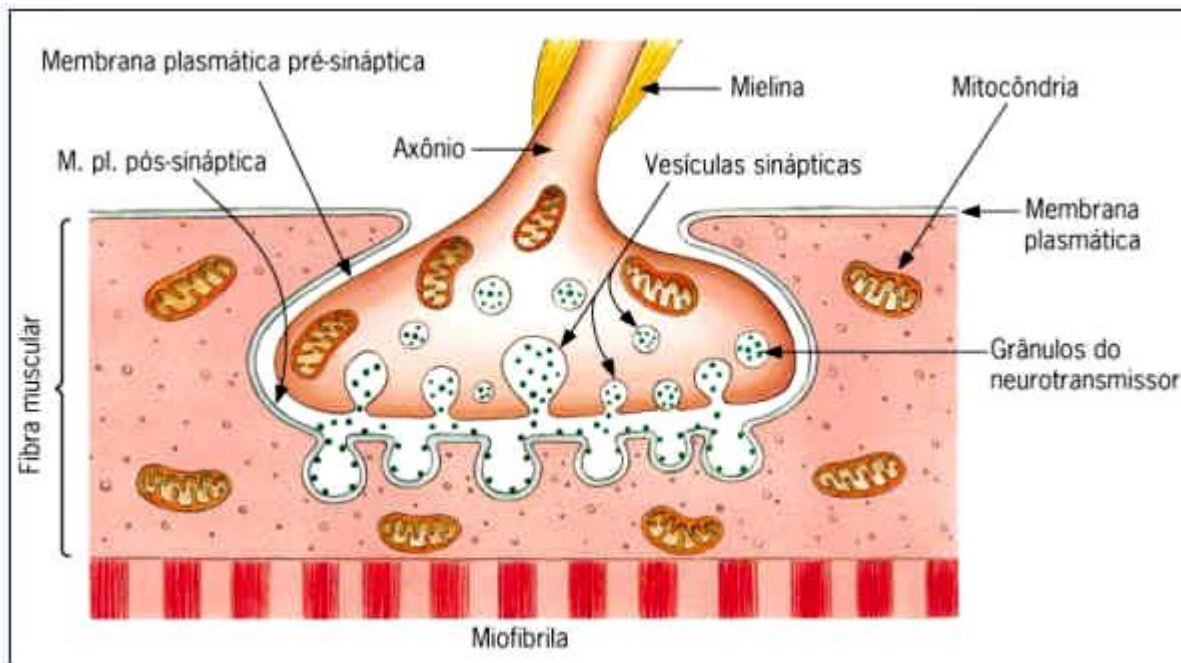


Imagem: CÉSAR & CEZAR. Biologia 2. São Paulo, Ed Saraiva, 2002

Por meio das sinapses, um neurônio pode passar mensagens (impulsos nervosos) para centenas ou até milhares de neurônios diferentes.

## Neurotransmissores

A maioria dos neurotransmissores situa-se em três categorias: aminoácidos, aminas e peptídeos. Os neurotransmissores aminoácidos e aminas são pequenas moléculas orgânicas com pelo menos um átomo de nitrogênio, armazenadas e liberadas em vesículas sinápticas. Sua síntese ocorre no terminal axonal a partir de precursores metabólicos ali presentes. As enzimas envolvidas na síntese de tais neurotransmissores são produzidas no soma (corpo celular do neurônio) e transportadas até o terminal axonal e, neste local, rapidamente dirigem a síntese desses mediadores químicos. Uma vez sintetizados, os neurotransmissores aminoácidos e aminas são levados para as vesículas sinápticas que liberam seus conteúdos por **exocitose**. Nesse processo, a membrana da vesícula funde-se com a membrana pré-sináptica, permitindo

que os conteúdos sejam liberados. A membrana vesicular é posteriormente recuperada por **endocitose** e a vesícula reciclada é recarregada com neurotransmissores.

Os neurotransmissores peptídeos constituem-se de grandes moléculas armazenadas e liberadas em grânulos secretores. A síntese dos neurotransmissores peptídicos ocorre no retículo endoplasmático rugoso do soma. Após serem sintetizados, são clivados no complexo de golgi, transformando-se em neurotransmissores ativos, que são secretados em grânulos secretores e transportados ao terminal axonal (transporte anterógrado) para serem liberados na fenda sináptica.

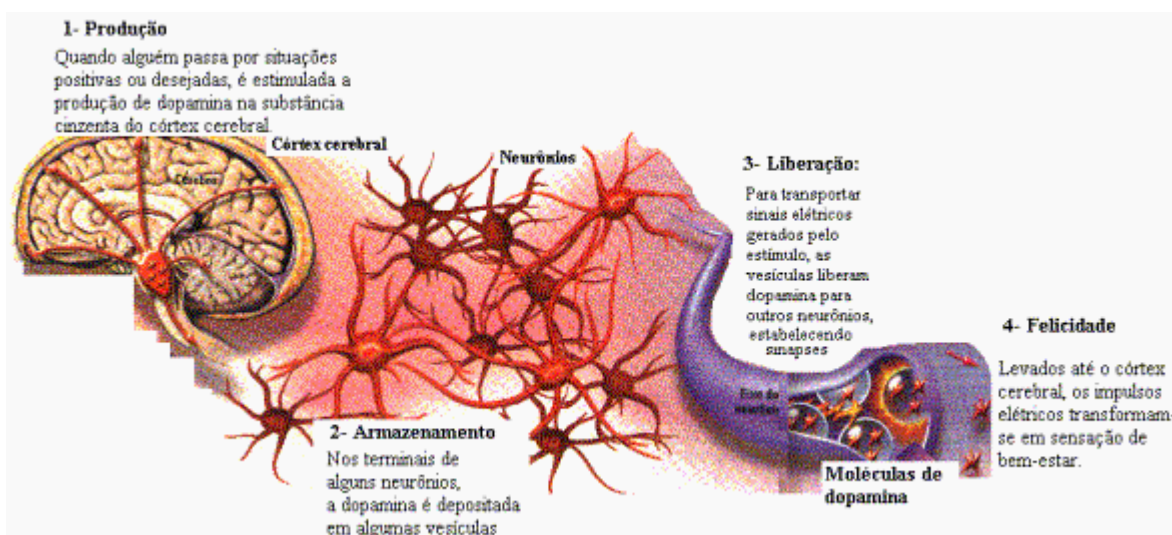
Diferentes neurônios no SNC liberam também diferentes neurotransmissores. A transmissão sináptica rápida na maioria das sinapses do SNC é mediada pelos neurotransmissores aminoácidos glutamato (GLU), gama-aminobutírico (GABA) e glicina (GLI). A amina acetilcolina medeia a transmissão sináptica rápida em todas as junções neuromusculares. As formas mais lentas de transmissão sináptica no SNC e na periferia são mediadas por neurotransmissores das três categorias.

O glutamato e a glicina estão entre os 20 aminoácidos que constituem os blocos construtores das proteínas. Conseqüentemente, são abundantes em todas as células do corpo. Em contraste, o GABA e as aminas são produzidos apenas pelos neurônios que os liberam.

O mediador químico [adrenalina](#), além de servir como neurotransmissor no encéfalo, também é liberado pela glândula adrenal para a circulação sanguínea.

Abaixo são citadas as funções específicas de alguns neurotransmissores.

- **endorfinas e encefalinas:** bloqueiam a dor, agindo naturalmente no corpo como analgésicos.
- **dopamina:** neurotransmissor inibitório derivado da tirosina. Produz sensações de satisfação e prazer. Os neurônios dopaminérgicos podem ser divididos em três subgrupos com diferentes funções. O primeiro grupo regula os movimentos: uma deficiência de dopamina neste sistema provoca a doença de Parkinson, caracterizada por tremuras, inflexibilidade, e outras desordens motoras, e em fases avançadas pode verificar-se demência. O segundo grupo, o mesolímbico, funciona na regulação do comportamento emocional. O terceiro grupo, o mesocortical, projeta-se apenas para o córtex pré-frontal. Esta área do córtex está envolvida em várias funções cognitivas, memória, planejamento de comportamento e pensamento abstrato, assim como em aspectos emocionais, especialmente relacionados com o stress. Distúrbios nos dois últimos sistemas estão associados com a esquizofrenia.

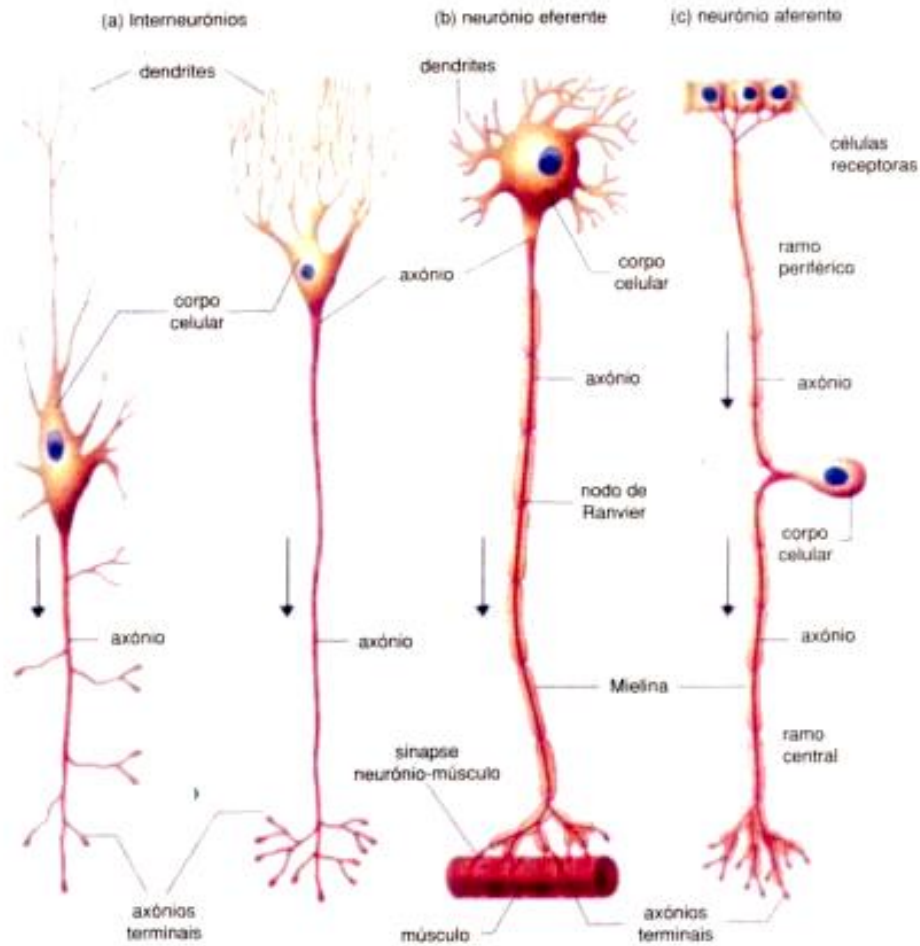


- **Serotonina:** neurotransmissor derivado do triptofano, regula o humor, o sono, a atividade sexual, o apetite, o ritmo circadiano, as funções neuroendócrinas, temperatura corporal, sensibilidade à dor, atividade motora e funções cognitivas. Atualmente vem sendo intimamente relacionada aos transtornos do humor, ou transtornos afetivos e a maioria dos medicamentos chamados antidepressivos agem produzindo um aumento da disponibilidade dessa substância no espaço entre um neurônio e outro. Tem efeito inibidor da conduta e modulador geral da atividade psíquica. Influi sobre quase todas as funções cerebrais, inibindo-a de forma direta ou estimulando o sistema GABA.
- **GABA (ácido gama-aminobutírico):** principal neurotransmissor inibitório do SNC. Ele está presente em quase todas as regiões do cérebro, embora sua concentração varie conforme a região. Está envolvido com os processos de ansiedade. Seu efeito ansiolítico seria fruto de alterações provocadas em diversas estruturas do sistema límbico, inclusive a amígdala e o hipocampo. A inibição da síntese do GABA ou o bloqueio de seus neurotransmissores no SNC, resultam em estimulação intensa, manifestada através de convulsões generalizadas.
- **Ácido glutâmico ou glutamato:** principal neurotransmissor estimulador do SNC. A sua ativação aumenta a sensibilidade aos estímulos dos outros neurotransmissores.

### ***Tipos de neurônios***

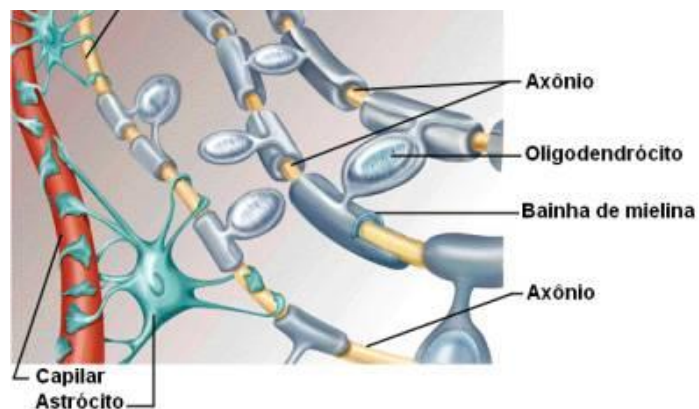
De acordo com suas funções na condução dos impulsos, os neurônios podem ser classificados em:

1. **Neurônios receptores ou sensitivos (aférentes):** são os que recebem estímulos sensoriais e conduzem o impulso nervoso ao sistema nervoso central.
2. **Neurônios motores ou efetuadores (eferentes):** transmitem os impulsos motores (respostas ao estímulo).
3. **Neurônios associativos ou interneurônios:** estabelecem ligações entre os neurônios receptores e os neurônios motores.



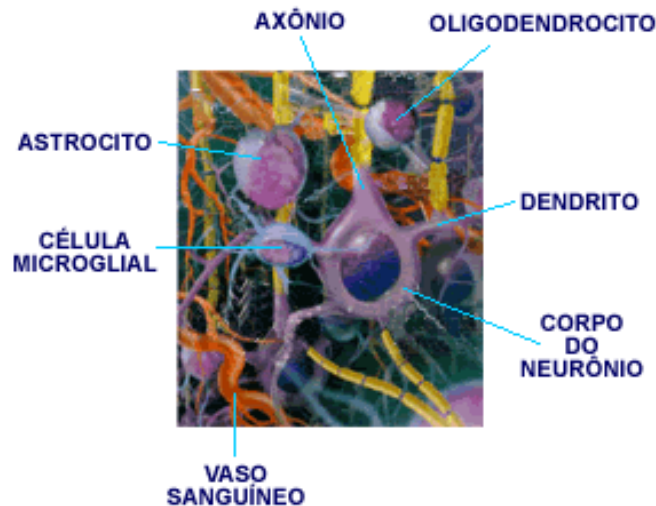
### ***Células da Glia (neurógli)***

As células da neurógli cumprem a função de sustentar, proteger, isolar e nutrir os neurônios. Há diversos tipos celulares, distintos quanto à morfologia, a origem embrionária e às funções que exercem. Distinguem-se, entre elas, os astrócitos, oligodendrócitos e micróglia. Têm formas estreladas e prolongações que envolvem as diferentes estruturas do tecido.





Os **astrócitos** são as maiores células da neuróglia e estão associados à sustentação e à nutrição dos neurônios. Preenchem os espaços entre os neurônios, regulam a concentração de diversas substâncias com potencial para interferir nas funções neuronais normais (como por exemplo as concentrações extracelulares de potássio), regulam os neurotransmissores (restringem a difusão de neurotransmissores liberados e possuem proteínas especiais em suas membranas que removem os neurotransmissores da fenda sináptica). Estudos recentes também sugerem que podem ativar a maturação e a proliferação de células-tronco nervosas adultas e ainda, que fatores de crescimento produzidos pelos astrócitos podem ser críticos na regeneração dos tecidos cerebrais ou espinhais danificados por traumas ou enfermidades.



Os **oligodendrócitos** são encontrados apenas no sistema nervoso central (SNC). Devem exercer papéis importantes na manutenção dos neurônios, uma vez que, sem eles, os neurônios não sobrevivem em meio de cultura. No SNC, são as células responsáveis pela formação da bainha de mielina. Um único oligodendrócito contribui para a formação de mielina de vários neurônios (no sistema nervoso periférico, cada célula de Schwann mieliniza apenas um único axônio)

A **micróglia** é constituída por células fagocitárias, análogas aos macrófagos e que participam da defesa do sistema nervoso.



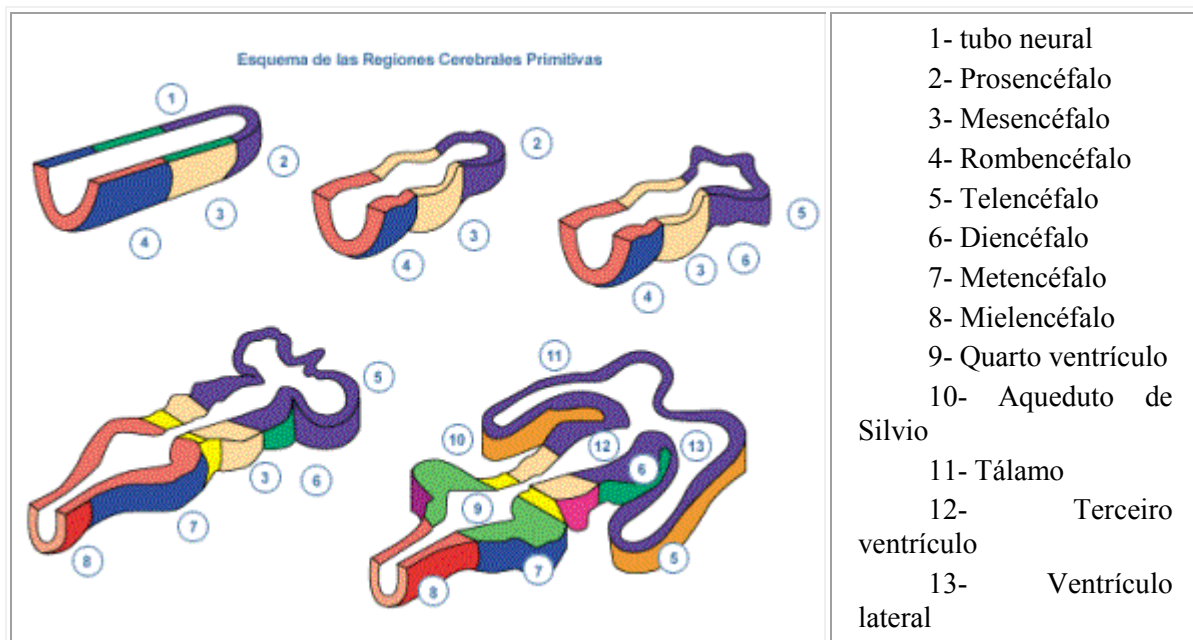
## Origem do sistema nervoso

O sistema nervoso origina-se da ectoderme embrionária e se localiza na região dorsal. Durante o desenvolvimento embrionário, a ectoderme sofre uma invaginação, dando origem à **goteira neural**, que se fecha, formando o **tubo neural**. Este possui uma cavidade interna cheia de líquido, o **canal neural**.

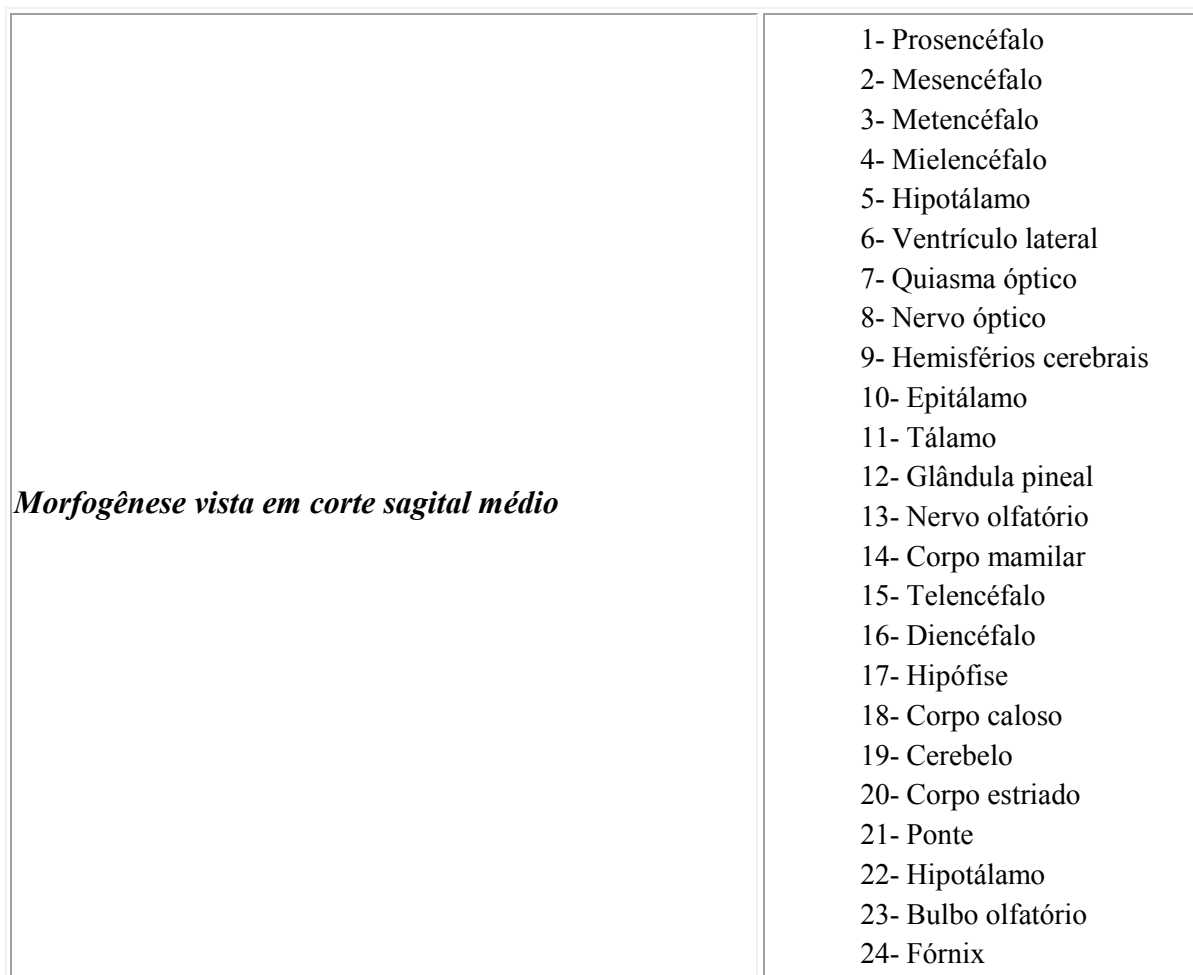
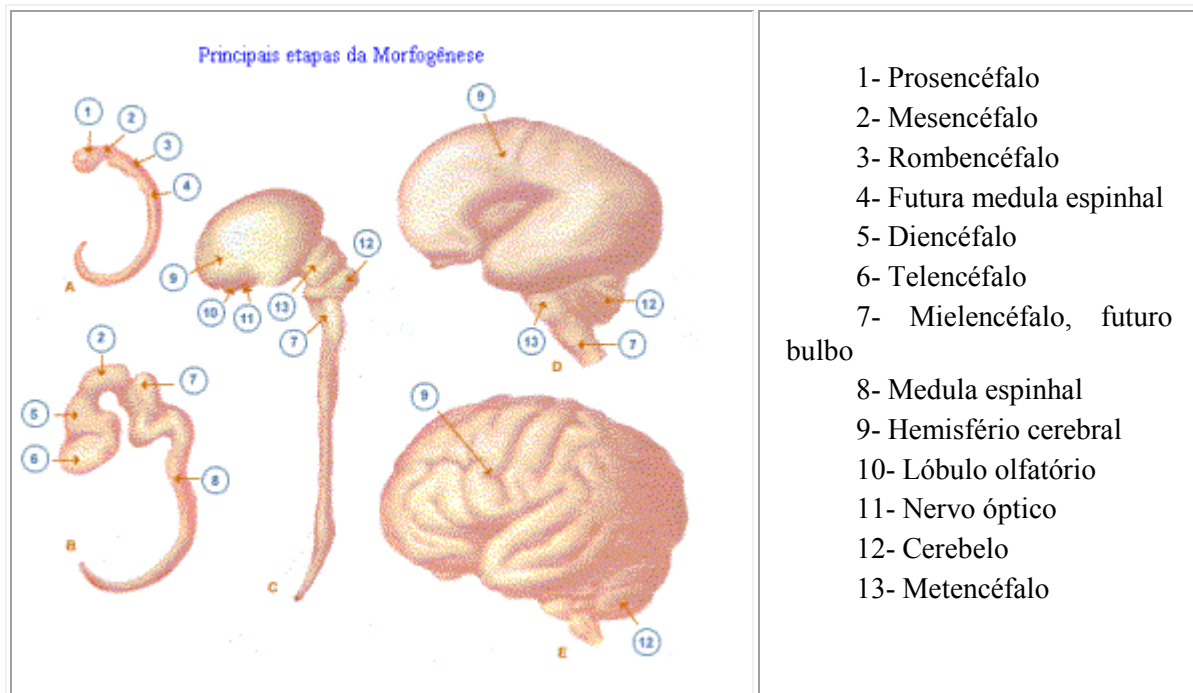
Em sua região anterior, o tubo neural sofre dilatação, dando origem ao **encéfalo** primitivo. Em sua região posterior, o tubo neural dá origem à **medula espinhal**. O canal neural persiste nos adultos, correspondendo aos **ventrículos cerebrais**, no interior do encéfalo, e ao **canal do epêndimo**, no interior da medula.

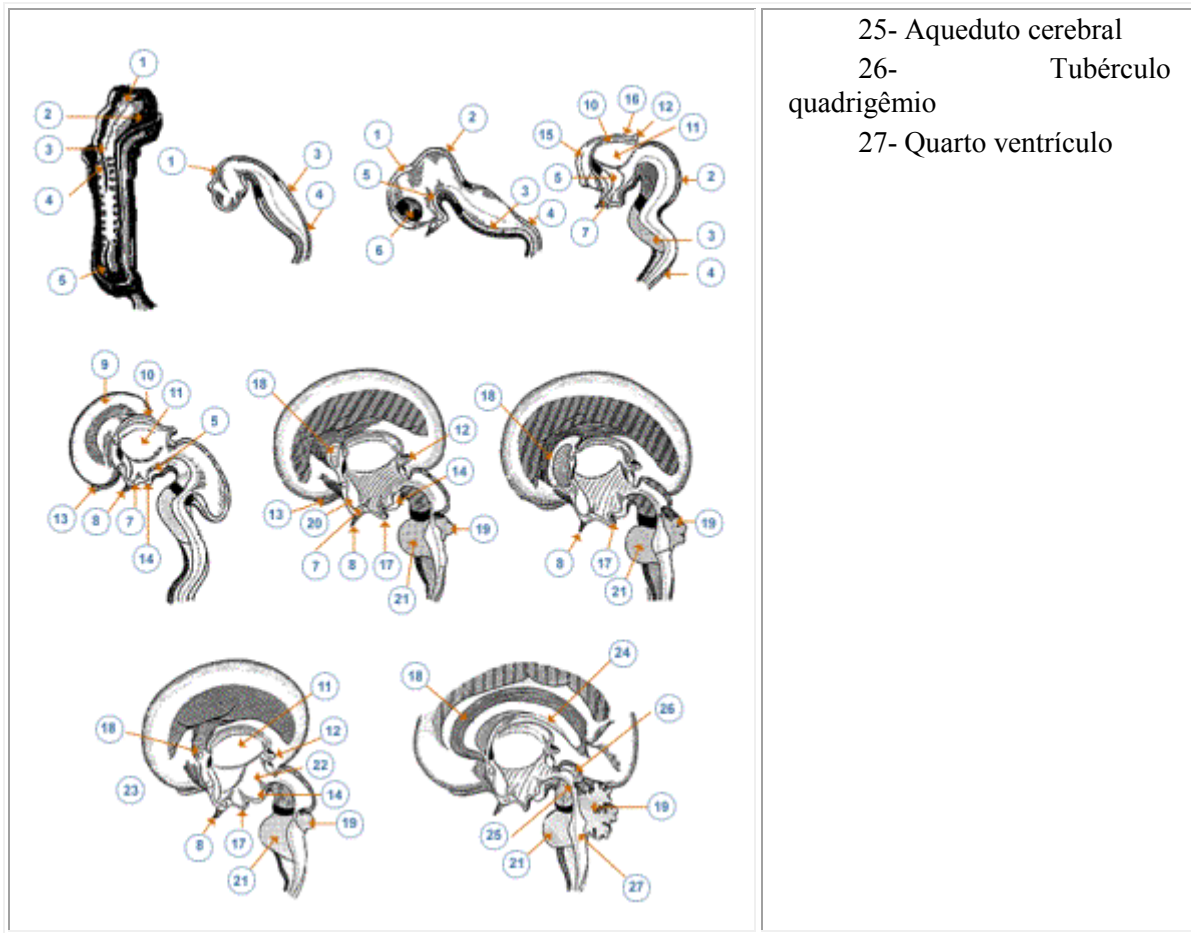
Durante o desenvolvimento embrionário, verifica-se que a partir da vesícula única que constitui o encéfalo primitivo, são formadas três outras vesículas: a primeira, denominada **prosencefalo** (encéfalo anterior); a segunda, **mesencefalo** (encéfalo médio) e a terceira, **rombencéfalo** (encéfalo posterior).

O prosencefalo e o rombencéfalo sofrem estrangulamento, dando origem, cada um deles, a duas outras vesículas. O mesencefalo não se divide. Desse modo, o encéfalo do embrião é constituído por cinco vesículas em linha reta. O prosencefalo divide-se em telencefalo (hemisférios cerebrais) e diencefalo (tálamo e hipotálamo); o mesencefalo não sofre divisão e o romboencéfalo divide-se em metencefalo (ponte e cerebelo) e mielencéfalo (bulbo). As divisões do S.N.C se definem já na sexta semana de vida fetal.



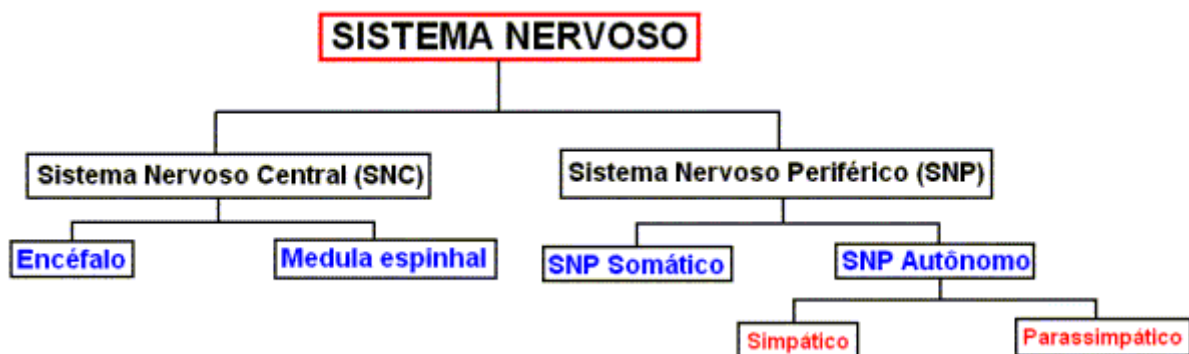
- Cavidade do telencefalo: ventrículo lateral
- Cavidade do diencefalo: III ventrículo
- Cavidade do metencefalo: se abre para formar o IV ventrículo





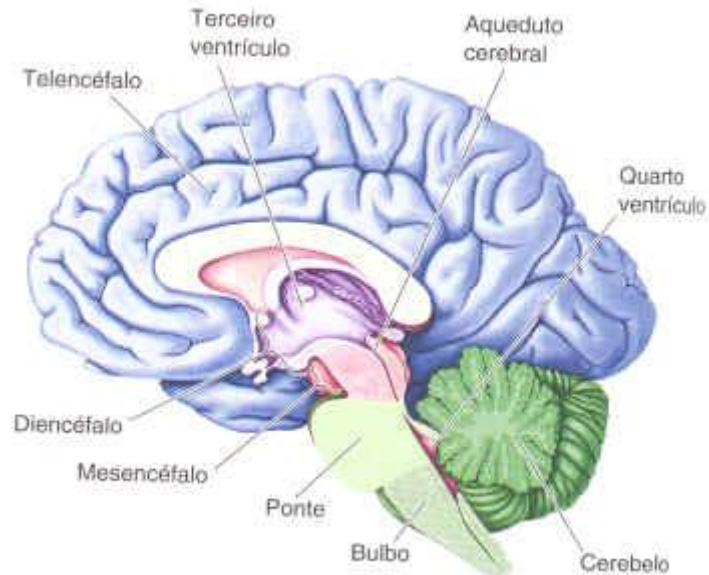
## O Sistema Nervoso

O SNC recebe, analisa e integra informações. É o local onde ocorre a tomada de decisões e o envio de ordens. O SNP carrega informações dos órgãos sensoriais para o sistema nervoso central e do sistema nervoso central para os órgãos efetores (músculos e glândulas).



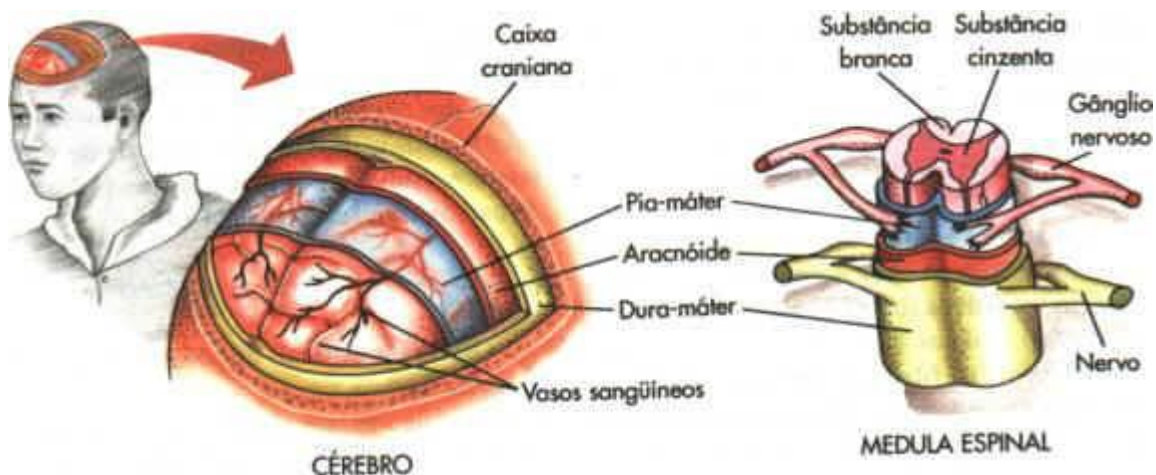
## O Sistema Nervoso Central

O SNC divide-se em encéfalo e medula. O encéfalo corresponde ao telencéfalo (hemisférios cerebrais), diencefalo (tálamo e hipotálamo), cerebelo, e tronco cefálico, que se divide em: BULBO, situado caudalmente; MESENCÉFALO, situado cranialmente; e PONTE, situada entre ambos.



No SNC, existem as chamadas **substâncias cinzenta e branca**. A substância cinzenta é formada pelos corpos dos neurônios e a branca, por seus prolongamentos. Com exceção do bulbo e da medula, a substância cinzenta ocorre mais externamente e a substância branca, mais internamente.

Os órgãos do SNC são protegidos por estruturas esqueléticas (**caixa craniana**, protegendo o **encéfalo**; e **coluna vertebral**, protegendo a **medula** - também denominada **raque**) e por membranas denominadas **meninges**, situadas sob a proteção esquelética: **dura-máter** (a externa), **aracnóide** (a do meio) e **pia-máter** (a interna). Entre as meninges aracnóide e pia-máter há um espaço preenchido por um líquido denominado **líquido cefalorraquidiano** ou **líquor**.

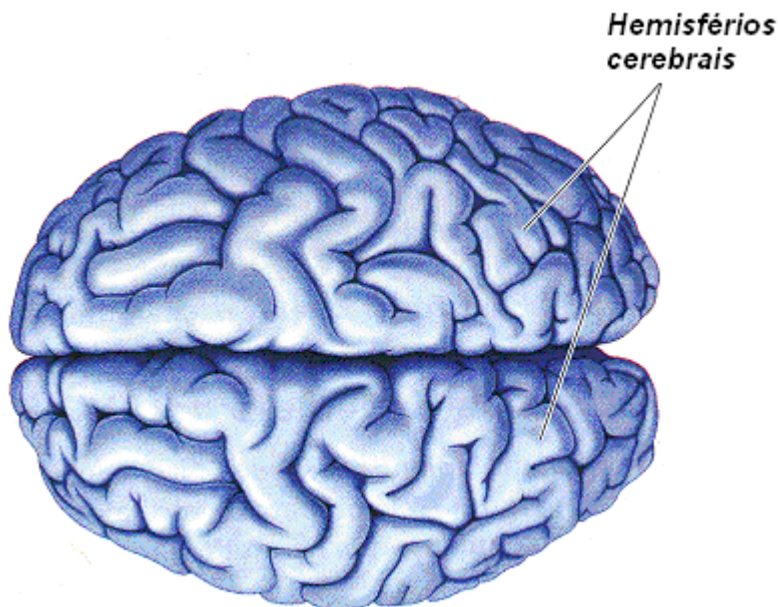




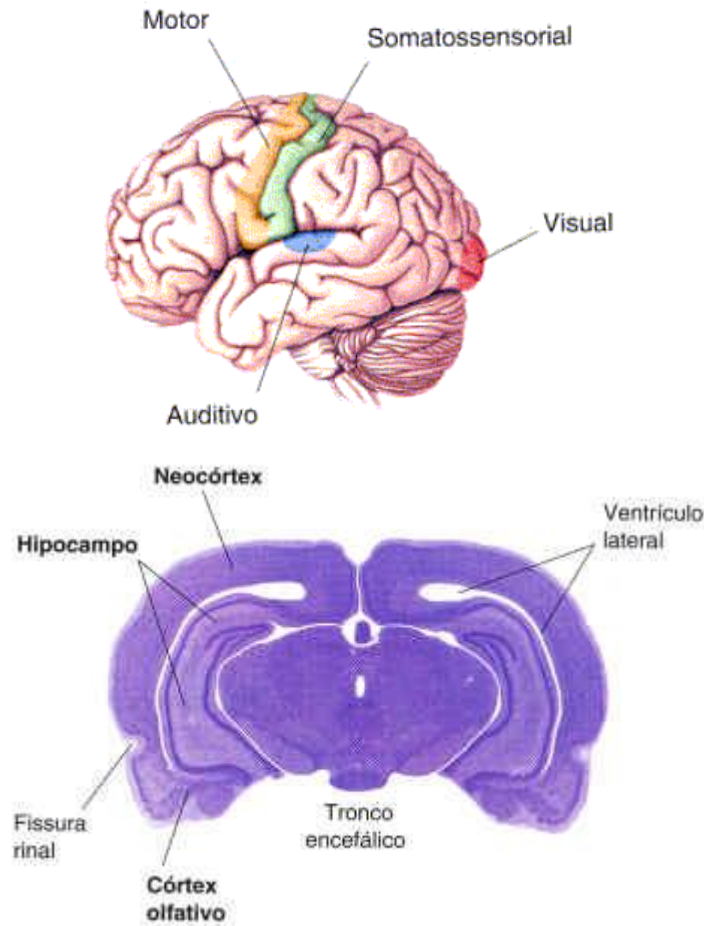
## **O TELENCEFALO**

O encéfalo humano contém cerca de 35 bilhões de neurônios e pesa aproximadamente 1,4 kg. O telencéfalo ou cérebro é dividido em dois hemisférios cerebrais bastante desenvolvidos. Nestes, situam-se as sedes da memória e dos nervos sensitivos e motores. Entre os hemisférios, estão os VENTRÍCULOS CEREBRAIS (ventrículos laterais e terceiro ventrículo); contamos ainda com um quarto ventrículo, localizado mais abaixo, ao nível do tronco encefálico. São reservatórios do LÍQUIDO CÉFALO-RAQUIDIANO, (LÍQUOR), participando na nutrição, proteção e excreção do sistema nervoso.

Em seu desenvolvimento, o córtex ganha diversos sulcos para permitir que o cérebro esteja suficientemente compacto para caber na calota craniana, que não acompanha o seu crescimento. Por isso, no cérebro adulto, apenas 1/3 de sua superfície fica "exposta", o restante permanece por entre os sulcos.



O córtex cerebral está dividido em mais de quarenta áreas funcionalmente distintas, sendo a maioria pertencente ao chamado neocórtex.



Cada uma das áreas do córtex cerebral controla uma atividade específica.

1. **hipocampo**: região do córtex que está dobrada sobre si e possui apenas três camadas celulares; localiza-se medialmente ao ventrículo lateral.
2. **córtex olfativo**: localizado ventral e lateralmente ao hipocampo; apresenta duas ou três camadas celulares.
3. **neocórtex**: córtex mais complexo; separa-se do córtex olfativo mediante um sulco chamado fissura rinal; apresenta muitas camadas celulares e várias áreas sensoriais e motoras. As áreas motoras estão intimamente envolvidas com o controle do movimento voluntário.



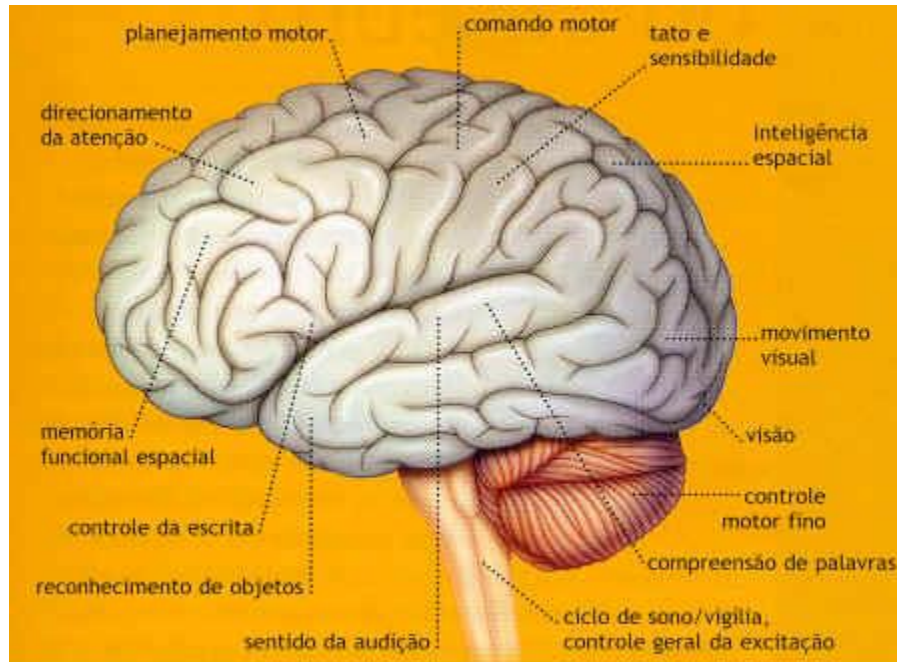


Imagem: MCCRONE, JOHN. Como o cérebro funciona. Série Mais Ciência. São Paulo, Publifolha, 2002.

A região superficial do telencéfalo, que acomoda bilhões de corpos celulares de neurônios (substância cinzenta), constitui o córtex cerebral, formado a partir da fusão das partes superficiais telencefálicas e diencefálicas. O córtex recobre um grande centro medular branco, formado por fibras axonais (substância branca). Em meio a este centro branco (nas profundezas do telencéfalo), há agrupamentos de corpos celulares neuronais que formam os **núcleos (gânglios) da base** ou **núcleos (gânglios) basais** - CAUDATO, PUTAMEN, GLOBO PÁLIDO e NÚCLEO SUBTALÂMICO, envolvidos em conjunto, no controle do movimento. Parece que os gânglios da base participam também de um grande número de circuitos paralelos, sendo apenas alguns poucos de função motora. Outros circuitos estão envolvidos em certos aspectos da memória e da função cognitiva.

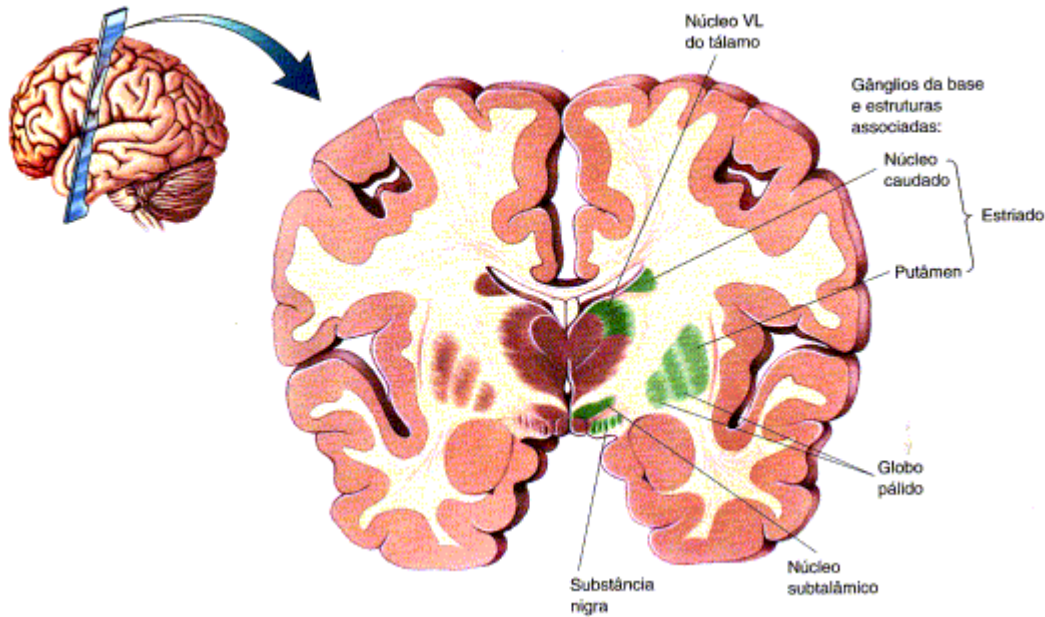
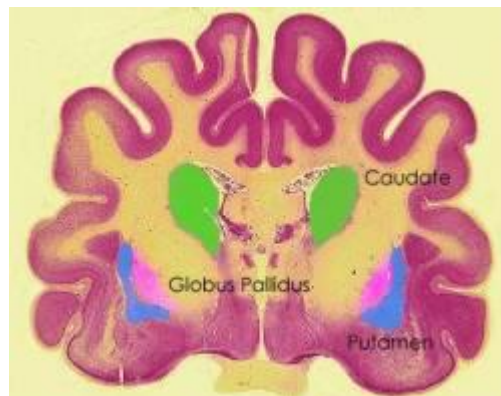


Imagem: BEAR, M.F., CONNORS, B.W. & PARADISO, M.A. Neurociências – Desvendando o Sistema Nervoso. Porto Alegre 2ª ed, Artmed Editora, 2002.



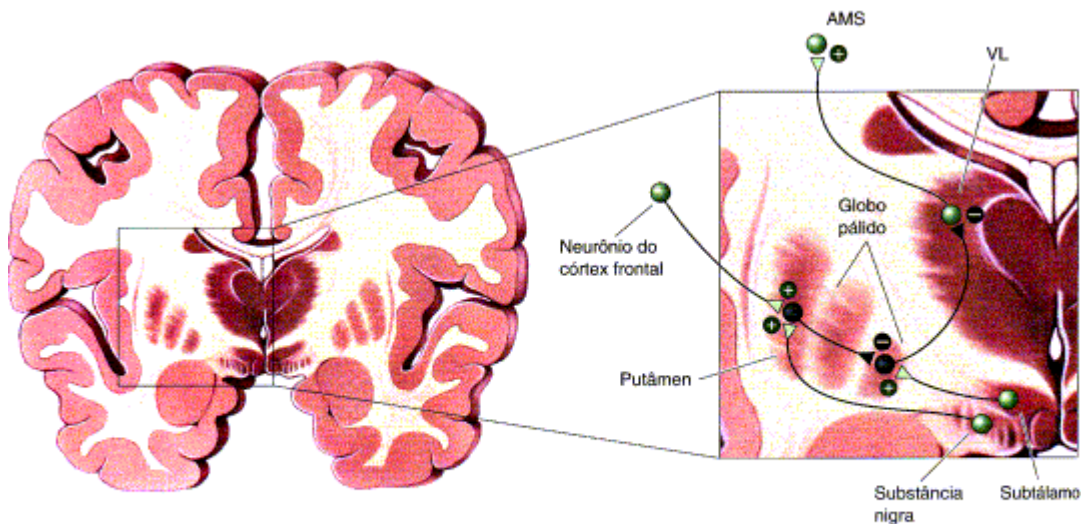
Algumas das funções mais específicas dos gânglios basais relacionadas aos movimentos são:

1. **núcleo caudato:** controla movimentos intencionais grosseiros do corpo (isso ocorre a nível sub-consciente e consciente) e auxilia no controle global dos movimentos do corpo.
2. **putamen:** funciona em conjunto com o núcleo caudato no controle de movimentos intencionais grosseiros. Ambos os núcleos funcionam em associação com o córtex motor, para controlar diversos padrões de movimento.
3. **globo pálido:** provavelmente controla a posição das principais partes do corpo, quando uma pessoa inicia um movimento complexo. Isto é, se uma pessoa deseja executar uma função precisa com uma de suas mãos, deve primeiro colocar seu corpo numa posição apropriada e, então, contrair a musculatura do **braço**. Acredita-se que essas funções sejam iniciadas, principalmente, pelo globo pálido.



4. **núcleo subtalâmico** e áreas associadas: controlam possivelmente os movimentos da marcha e talvez outros tipos de motilidade grosseira do corpo.

Evidências indicam que a via motora direta funciona para facilitar a iniciação de movimentos voluntários por meio dos gânglios da base. Essa via origina-se com uma conexão excitatória do córtex para as células do putamen. Estas células estabelecem sinapses inibitórias em neurônios do globo pálido, que, por sua vez, faz conexões inibitórias com células do tálamo (núcleo ventrolateral - VL). A conexão do tálamo com a área motora do córtex é excitatória. Ela facilita o disparo de células relacionadas a movimentos na área motora do córtex. Portanto, a consequência funcional da ativação cortical do putâmen é a excitação da área motora do córtex pelo núcleo ventrolateral do tálamo.



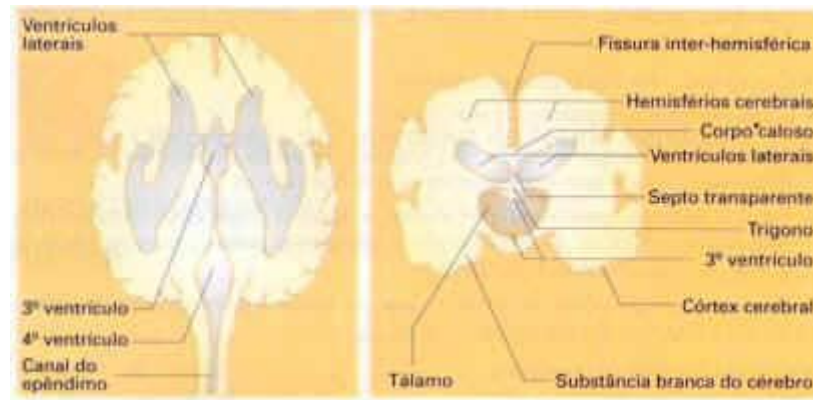
**Figura 14.12**  
Um diagrama da circuitaria da alça motora através dos gânglios da base. Sinapses marcadas com sinal de adição (+) são excitatórias; aquelas marcadas com sinal de subtração (-) são inibitórias.

Imagem: BEAR, M.F., CONNORS, B.W. & PARADISO, M.A. Neurociências – Desvendando o Sistema Nervoso. Porto Alegre 2ª ed, Artmed Editora, 2002.

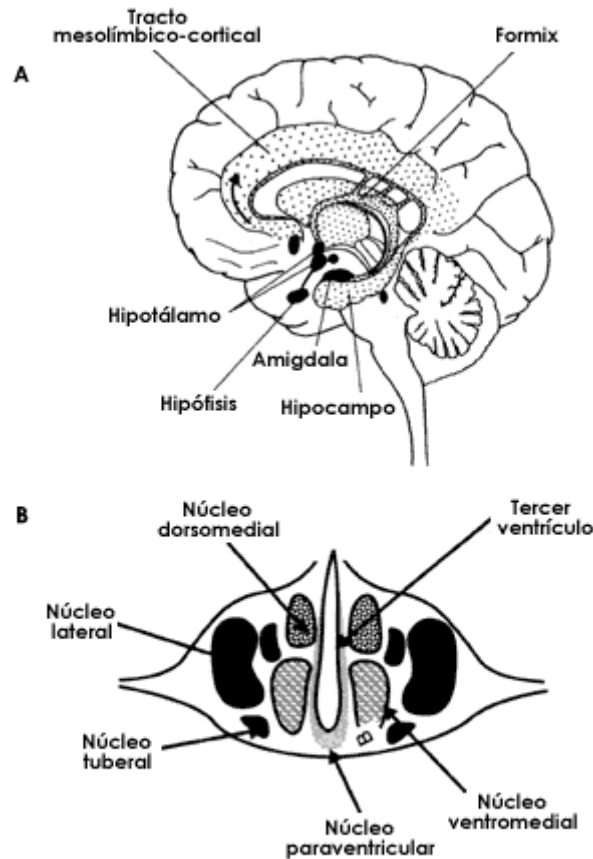
### ***O DIENCÉFALO (tálamo e hipotálamo)***

Todas as mensagens sensoriais, com exceção das provenientes dos receptores do olfato, passam pelo **tálamo** antes de atingir o córtex cerebral. Esta é uma região de substância cinzenta localizada entre o tronco encefálico e o cérebro. O tálamo atua como estação retransmissora de impulsos nervosos para o córtex cerebral. Ele é responsável pela condução dos impulsos às regiões apropriadas do cérebro onde eles devem ser processados. O tálamo também está relacionado com alterações no comportamento emocional; que decorre, não só da própria atividade, mas também de conexões com outras estruturas do sistema límbico (que regula as emoções).





O **hipotálamo**, também constituído por substância cinzenta, é o principal centro integrador das atividades dos órgãos viscerais, sendo um dos principais responsáveis pela homeostase corporal. Ele faz ligação entre o sistema nervoso e o sistema endócrino, atuando na ativação de diversas glândulas endócrinas. É o hipotálamo que controla a temperatura corporal, regula o apetite e o balanço de água no corpo, o sono e está envolvido na emoção e no comportamento sexual. Tem amplas conexões com as demais áreas do prosencéfalo e com o mesencéfalo. Aceita-se que o hipotálamo desempenha, ainda, um papel nas emoções. Especificamente, as partes laterais parecem envolvidas com o prazer e a raiva, enquanto que a porção mediana parece mais ligada à aversão, ao desprazer e à tendência ao riso (gargalhada) incontrolável. De um modo geral, contudo, a participação do hipotálamo é menor na gênese (“criação”) do que na expressão (manifestações sintomáticas) dos estados emocionais.

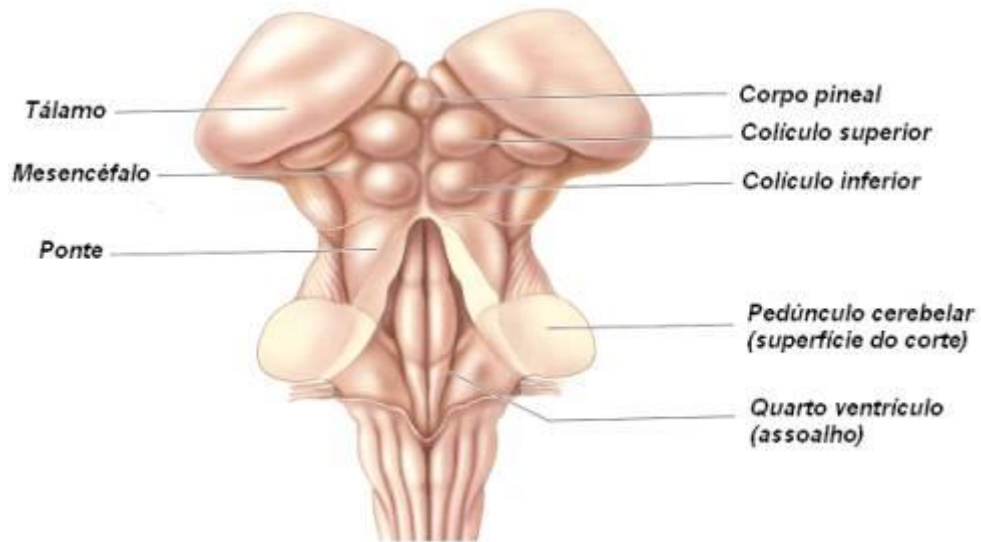


**A- Localização do hipotálamo no encéfalo.**

**B- núcleos hipotalâmicos**

## O TRONCO ENCEFÁLICO

O tronco encefálico interpõe-se entre a medula e o diencefalo, situando-se ventralmente ao cerebelo. Possui três funções gerais; (1) recebe informações sensitivas de estruturas cranianas e controla os músculos da cabeça; (2) contém circuitos nervosos que transmitem informações da medula espinhal até outras regiões encefálicas e, em **direção contrária**, do encéfalo para a medula espinhal (lado esquerdo do cérebro controla os movimentos do lado direito do corpo; lado direito de cérebro controla os movimentos do lado esquerdo do corpo); (3) regula a atenção, função esta que é mediada pela formação reticular (agregação mais ou menos difusa de neurônios de tamanhos e tipos diferentes, separados por uma rede de fibras nervosas que ocupa a parte central do tronco encefálico). Além destas 3 funções gerais, as várias divisões do tronco encefálico desempenham funções motoras e sensitivas específicas.



Na constituição do tronco encefálico entram corpos de neurônios que se agrupam em núcleos e fibras nervosas, que, por sua vez, se agrupam em feixes denominados tractos, fascículos ou lemniscos. Estes elementos da estrutura interna do tronco encefálico podem estar relacionados com relevos ou depressões de sua superfície. Muitos dos núcleos do tronco encefálico recebem ou emitem fibras nervosas que entram na constituição dos nervos cranianos. Dos 12 pares de nervos cranianos, 10 fazem conexão no tronco encefálico.

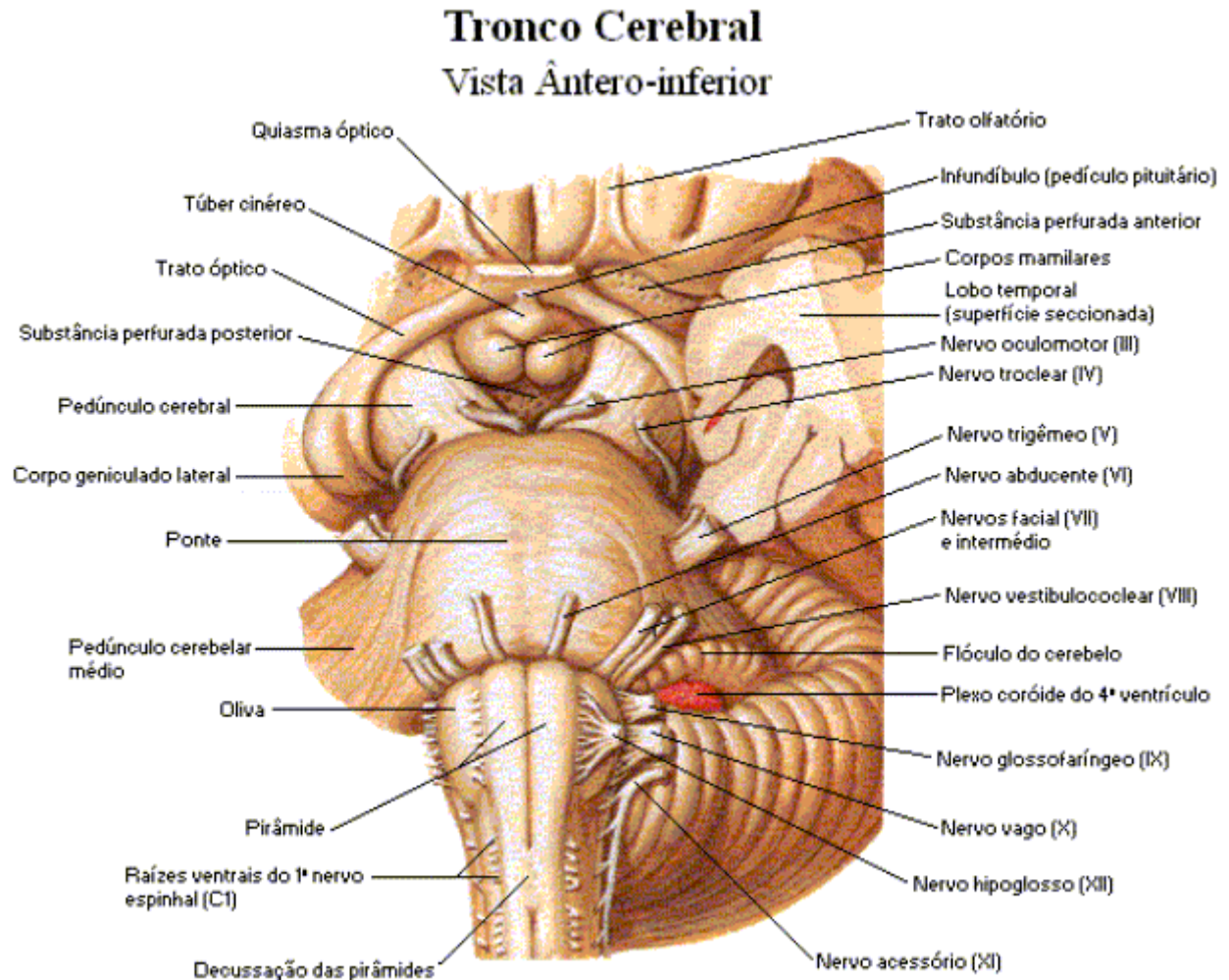
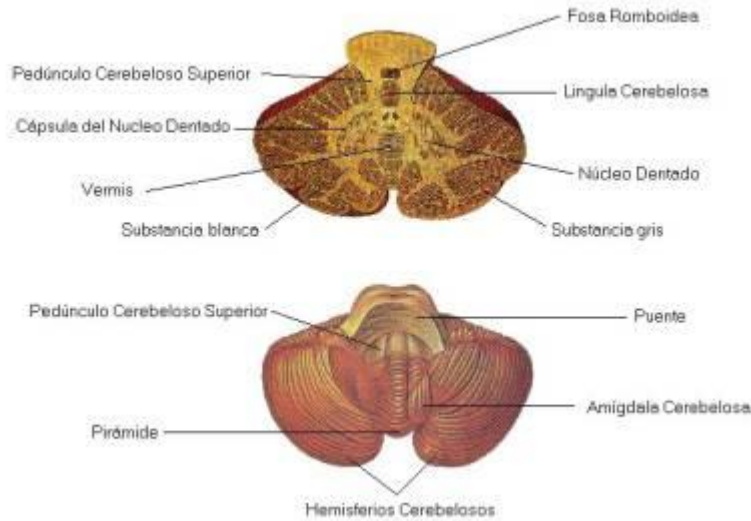


Imagem: ATLAS INTERATIVO DE ANATOMIA HUMANA. Artmed Editora.

## **O CEREBELO**

Situado atrás do cérebro está o cerebelo, que é primariamente um centro para o controle dos movimentos iniciados pelo córtex motor (possui extensivas conexões com o cérebro e a medula espinhal). Como o cérebro, também está dividido em dois hemisférios. Porém, ao contrário dos hemisférios cerebrais, o lado esquerdo do cerebelo está relacionado com os movimentos do lado esquerdo do corpo, enquanto o lado direito, com os movimentos do lado direito do corpo.

O cerebelo recebe informações do córtex motor e dos gânglios basais de todos os estímulos enviados aos músculos. A partir das informações do córtex motor sobre os movimentos musculares que pretende executar e de informações proprioceptivas que recebe diretamente do corpo (articulações, músculos, áreas de pressão do corpo, aparelho vestibular e olhos), avalia o movimento realmente executado. Após a comparação entre desempenho e aquilo que se teve em vista realizar, estímulos corretivos são enviados de volta ao córtex para que o desempenho real seja igual ao pretendido. Dessa forma, o cerebelo relaciona-se com os ajustes dos movimentos, equilíbrio, postura e tônus muscular.

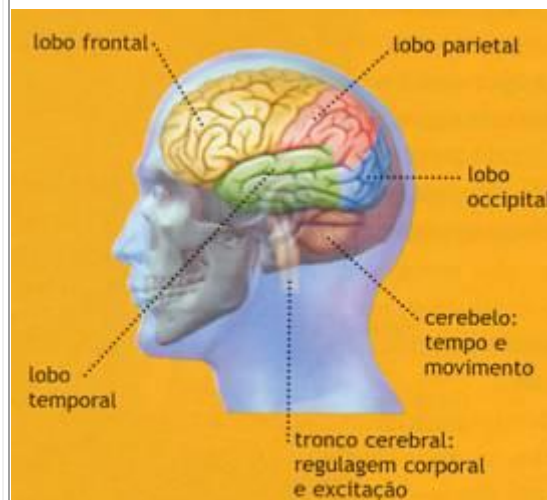
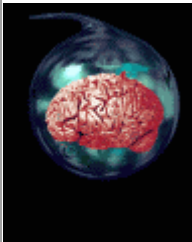


### *Algumas estruturas do encéfalo e suas funções*

#### **Córtex Cerebral**

##### **Funções:**

- Pensamento
- Movimento voluntário
- Linguagem
- Julgamento
- Percepção



A palavra córtex vem do latim para "casca". Isto porque o córtex é a camada mais externa do cérebro. A espessura do córtex cerebral varia de 2 a 6 mm. O lado esquerdo e direito do córtex cerebral são ligados por um feixe grosso de fibras nervosas chamado de corpo caloso. Os lobos são as principais divisões físicas do córtex cerebral. O lobo frontal é responsável pelo planejamento consciente e pelo controle motor. O lobo temporal tem centros importantes de memória e audição. O lobo parietal lida com os sentidos corporal e espacial. o lobo occipital direciona a visão.



### Tronco Encefálico

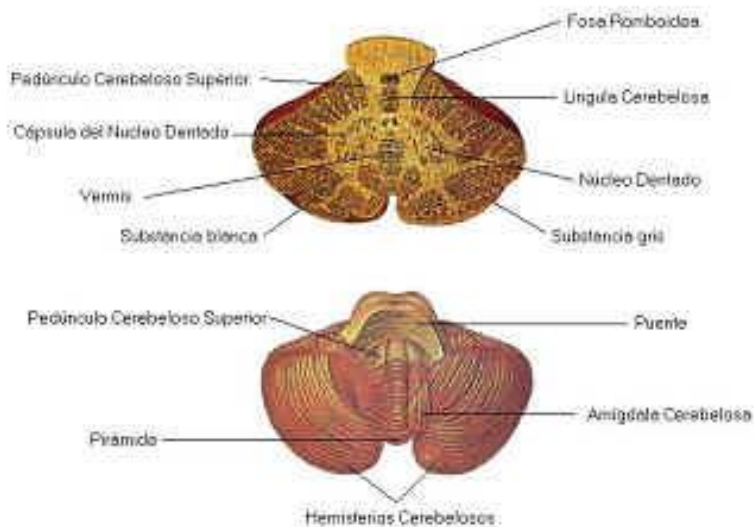
#### Funções:

O Tronco Encefálico é uma área do encéfalo que fica entre o tálamo e a medula espinhal. Possui várias estruturas como o bulbo, o mesencéfalo e a ponte. Algumas destas áreas são responsáveis pelas funções básicas para a manutenção da

### Cerebelo

#### Funções:

- Movimento
- Equilíbrio
- Postura
- Tônus muscular



A palavra cerebelo vem do latim para "pequeno cérebro". O cerebelo fica localizado ao lado do tronco encefálico. É parecido com o córtex cerebral em alguns aspectos: o cerebelo é dividido em hemisférios e tem um córtex que recobre estes hemisférios.

- Respiração
- Ritmo dos batimentos cardíacos
- Pressão Arterial

### ***Mesencéfalo***

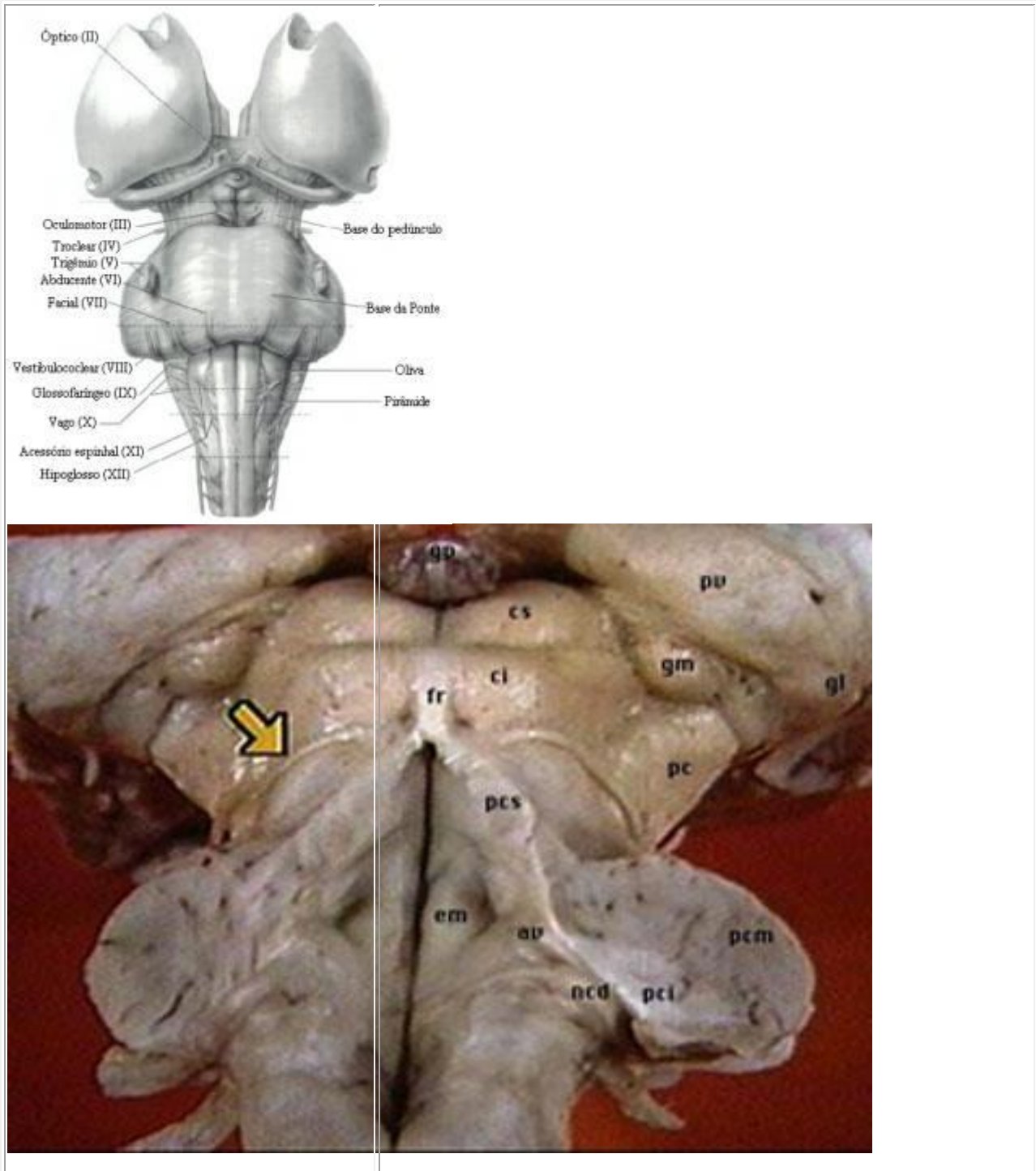
#### **Funções:**

- Visão
- Audição
- Movimento dos Olhos
- Movimento do corpo

vida como a respiração, o batimento cardíaco e a pressão arterial.

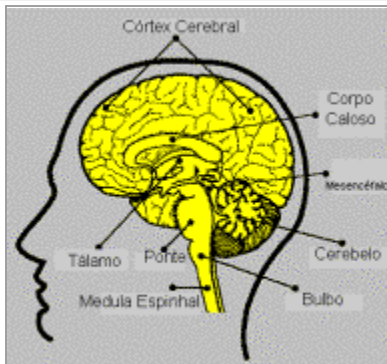
Bulbo: recebe informações de vários órgãos do corpo, controlando as funções autônomas (a chamada vida vegetativa): batimento cardíaco, respiração, pressão do sangue, reflexos de salivação, tosse, espirro e o ato de engolir.

Ponte: Participa de algumas atividades do bulbo, interferindo no controle da respiração, além de ser um centro de transmissão de impulsos para o cerebelo. Serve ainda de passagem para as fibras nervosas que ligam o cérebro à medula.



**Tálamo****Funções:**

- Integração Sensorial
- Integração Motora

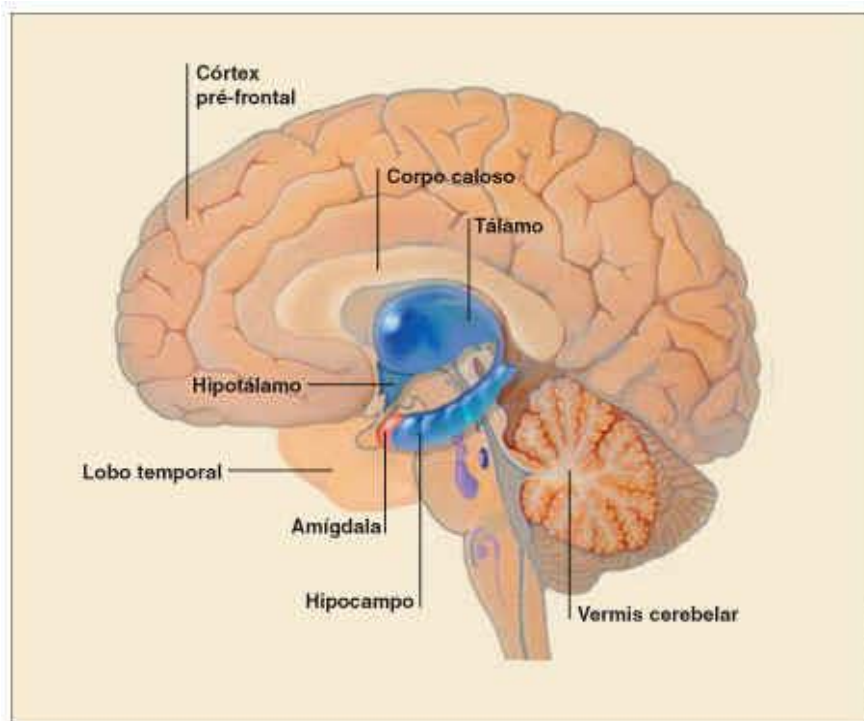


partes conscientes do cérebro.

O tálamo recebe informações sensoriais do corpo e as passa para o córtex cerebral. O córtex cerebral envia informações motoras para o tálamo que posteriormente são distribuídas pelo corpo. Participa, juntamente com o tronco encefálico, do sistema reticular, que é encarregado de “filtrar” mensagens que se dirigem às

**Sistema Límbico****Funções:**

- Comportamento Emocional
- Memória
- Aprendizado
- Emoções
- Vida vegetativa (digestão, circulação, excreção etc.)



O **Sistema Límbico** é um grupo de estruturas que inclui hipotálamo, tálamo, amígdala, hipocampo, os corpos mamilares e o giro do cíngulo. Todas estas áreas são muito importantes para a emoção e reações emocionais. O hipocampo também é importante para a memória e o aprendizado.



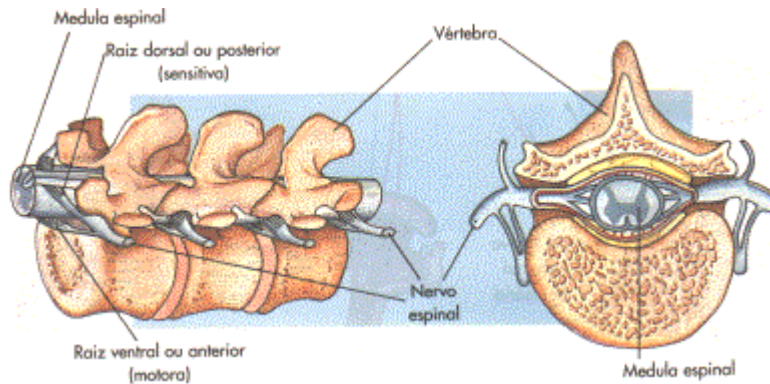
**Recursos**

**A Medula Espinhal**

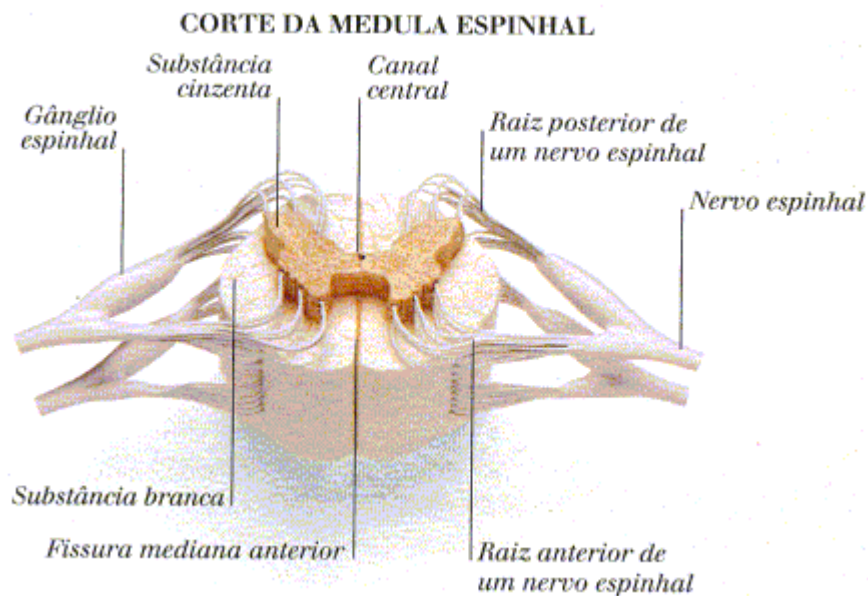
Nossa medula espinhal tem a forma de um cordão com aproximadamente 40 cm de comprimento. Ocupa o canal vertebral, desde a região do atlas - primeira vértebra - até o nível

da segunda vértebra lombar. A medula funciona como centro nervoso de atos involuntários e, também, como veículo condutor de impulsos nervosos.

Da medula partem 31 pares de nervos raquidianos que se ramificam. Por meio dessa rede de nervos, a medula se conecta com as várias partes do corpo, recebendo mensagens e vários pontos e enviando-as para o cérebro e recebendo mensagens do cérebro e transmitindo-as para as várias partes do corpo. A medula possui dois sistemas de neurônios: o sistema descendente controla funções motoras dos músculos, regula funções como pressão e temperatura e transporta sinais originados no cérebro até seu destino; o sistema ascendente transporta sinais sensoriais das extremidades do corpo até a medula e de lá para o cérebro.



Os corpos celulares dos neurônios se concentram no cerne da medula – na massa cinzenta. Os axônios ascendentes e descendentes, na área adjacente – a massa branca. As duas regiões também abrigam células da Glia. Dessa forma, na medula espinhal a massa cinzenta localiza-se internamente e a massa branca, externamente (o contrário do que se observa no encéfalo).



Durante uma fratura ou deslocamento da coluna, as vértebras que normalmente protegem a medula podem matar ou danificar as células. Teoricamente, se o dano for confinado à massa cinzenta, os distúrbios musculares e sensoriais poderão estar apenas nos tecidos que recebem e mandam sinais aos neurônios “residentes” no nível da fratura. Por exemplo, se a massa cinzenta do segmento da medula onde os nervos rotulados C8 for lesada, o paciente só sofrerá paralisia



das mãos, sem perder a capacidade de andar ou o controle sobre as funções intestinais e urinárias. Nesse caso, os axônios levando sinais para “cima e para baixo” através da área branca adjacente continuariam trabalhando. Em comparação, se a área branca for lesada, o trânsito dos sinais será interrompido até o ponto da fratura.

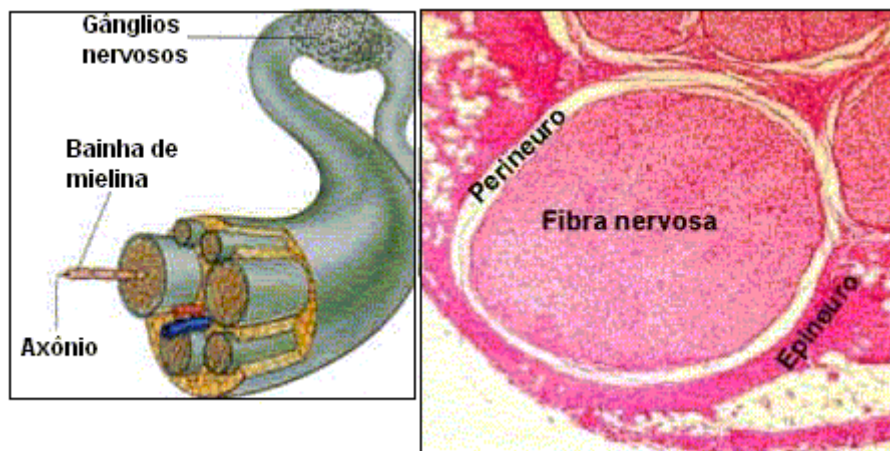
Infelizmente, a lesão original é só o começo. Os danos mecânicos promovem rompimento de pequenos vasos sanguíneos, impedindo a entrega de oxigênio e nutrientes para as células não afetadas diretamente, que acabam morrendo; as células lesadas extravasam componentes citoplasmáticos e tóxicos, que afetam células vizinhas, antes intactas; células do sistema imunológico iniciam um quadro inflamatório no local da lesão; células da Glia proliferam criando grumos e uma espécie de cicatriz, que impedem os axônios lesados de crescerem e reconectarem.

O vírus da poliomielite causa lesões na raiz ventral dos nervos espinhais, o que leva à paralisia e atrofia dos músculos.

## O Sistema Nervoso Periférico

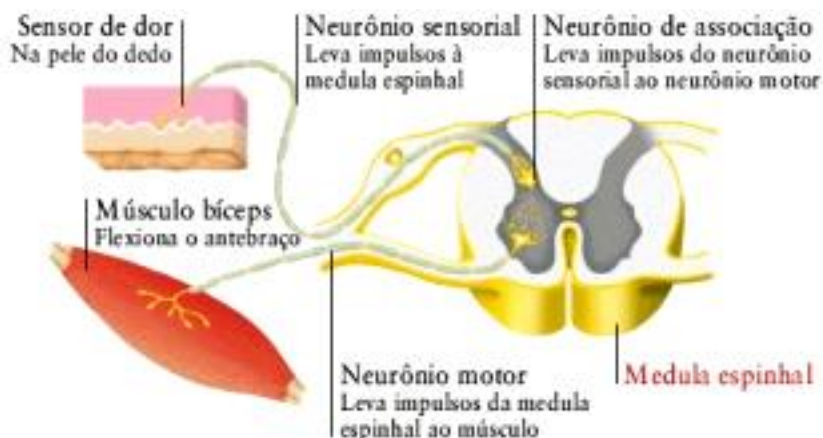
O sistema nervoso periférico é formado por nervos encarregados de fazer as ligações entre o sistema nervoso central e o corpo. NERVO é a reunião de várias fibras nervosas, que podem ser formadas de axônios ou de dendritos.

As **fibras nervosas**, formadas pelos prolongamentos dos neurônios (dendritos ou axônios) e seus envoltórios, organizam-se em feixes. Cada feixe forma um nervo. Cada fibra nervosa é envolvida por uma camada conjuntiva denominada endoneuro. Cada feixe é envolvido por uma bainha conjuntiva denominada perineuro. Vários feixes agrupados paralelamente formam um nervo. O nervo também é envolvido por uma bainha de tecido conjuntivo chamada epineuro. Em nosso corpo existe um número muito grande de nervos. Seu conjunto forma a rede nervosa.



Os nervos que levam informações da periferia do corpo para o SNC são os **nervos sensoriais** (nervos **aférentes** ou nervos **sensitivos**), que são formados por prolongamentos de neurônios sensoriais (centrípetos). Aqueles que transmitem impulsos do SNC para os músculos ou glândulas são **nervos motores** ou **eferentes**, feixe de axônios de neurônios motores (centrífugos).

Existem ainda os **nervos mistos**, formados por axônios de neurônios sensoriais e por neurônios motores.



Quando partem do encéfalo, os nervos são chamados de cranianos; quando partem da medula espinhal denominam-se raquidianos.

Do encéfalo partem doze pares de **nervos cranianos**. Três deles são exclusivamente sensoriais, cinco são motores e os quatro restantes são mistos.

| Nervo craniano                |           | Função   |
|-------------------------------|-----------|--|
| <b>I-OLFATÓRIO</b>            | sensitiva | Percepção do olfato.   |
| <b>II-ÓPTICO</b>              | sensitiva | Percepção visual.  |
| <b>III-OCULOMOTOR</b>         | motora    | Controle da movimentação do globo ocular, da pupila e do cristalino.   |
| <b>IV-TROCLEAR</b>            | motora    | Controle da movimentação do globo ocular.  |
| <b>V-TRIGÊMEO</b>             | mista     | Controle dos movimentos da mastigação (ramo motor);<br>Percepções sensoriais da face, seios da face e dentes (ramo sensorial).   |
| <b>VI-ABDUCENTE</b>           | motora    | Controle da movimentação do globo ocular.  |
| <b>VII-FACIAL</b>             | mista     | Controle dos músculos faciais – mímica facial (ramo motor);<br>Percepção gustativa no terço anterior da língua (ramo sensorial). |
| <b>VIII-VESTÍBULO-COCLEAR</b> | sensitiva | Percepção postural originária do labirinto (ramo vestibular);<br>Percepção auditiva (ramo coclear).                              |
| <b>IX-GLOSSOFARÍNGEO</b>      | mista     | Percepção gustativa no terço posterior da língua, percepções sensoriais da faringe, laringe e palato.                            |
| <b>X-VAGO</b>                 | mista     | Percepções sensoriais da orelha, faringe, laringe, tórax e vísceras. Inervação das vísceras torácicas e abdominais.              |

|                       |        |   |
|-----------------------|--------|---|
| <b>XI-ACESSÓRIO</b>   | motora | Controle motor da faringe, laringe, palato, dos músculos esternocleidomastoídeo e trapézio. |
| <b>XII-HIPOGLOSSO</b> | motora | Controle dos músculos da faringe, da laringe e da língua.                                   |

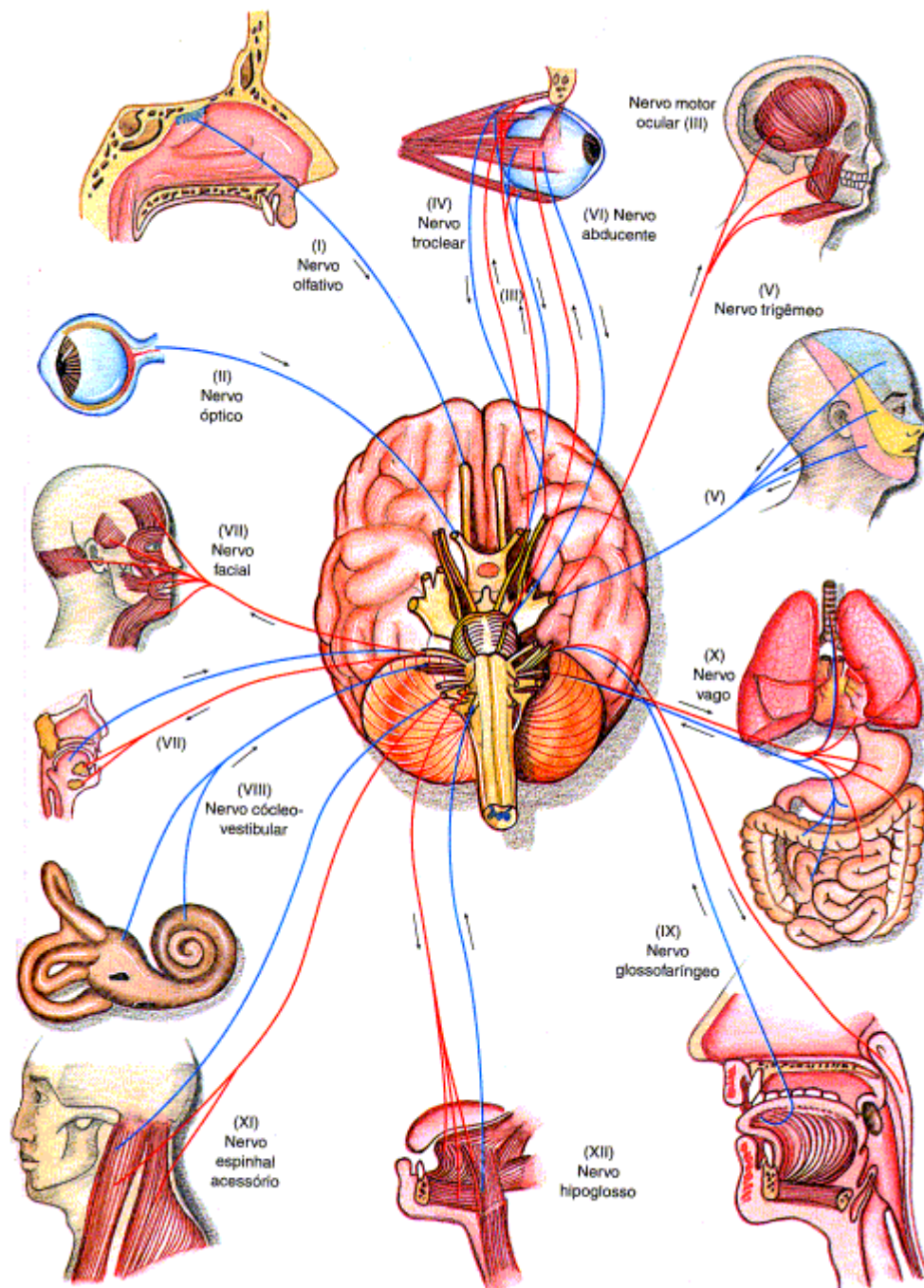
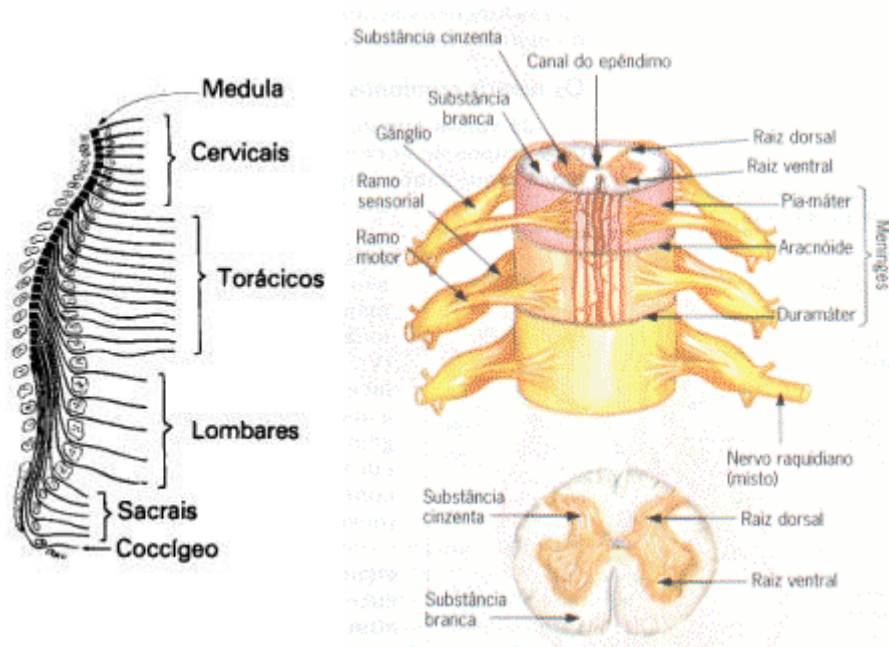


Imagem: AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. Conceitos de Biologia. São Paulo, Ed. Moderna, 2001. vol. 2.

Os 31 pares de **nervos raquidianos** que saem da medula relacionam-se com os músculos esqueléticos. Eles se formam a partir de duas raízes que saem lateralmente da medula: a raiz posterior ou dorsal, que é sensitiva, e a raiz anterior ou ventral, que é motora. Essas raízes se unem **logo** após saírem da medula. Desse modo, os nervos raquidianos são todos mistos. Os corpos dos neurônios que formam as fibras sensitivas dos nervos sensitivos situam-se próximo à medula, porém fora dela, reunindo-se em estruturas especiais chamadas **gânglios espinhais**. Os corpos celulares dos neurônios que formam as fibras motoras localizam-se na medula. De acordo com as regiões da coluna vertebral, os 31 pares de nervos raquidianos distribuem-se da seguinte forma:

- oito pares de nervos cervicais;
- doze pares de nervos dorsais;
- cinco pares de nervos lombares;
- seis pares de nervos sagrados ou sacrais.



O conjunto de nervos cranianos e raquidianos forma o **sistema nervoso periférico**.

Com base na sua estrutura e função, o sistema nervoso periférico pode ainda subdividir-se em duas partes: o **sistema nervoso somático** e o **sistema nervoso autônomo** ou de vida vegetativa.

As ações voluntárias resultam da contração de músculos estriados esqueléticos, que estão sob o controle do sistema nervoso periférico voluntário ou somático. Já as ações involuntárias resultam da contração das musculaturas lisa e cardíaca, controladas pelo sistema nervoso periférico autônomo, também chamado involuntário ou visceral.

O **SNP Voluntário ou Somático** tem por função reagir a estímulos provenientes do ambiente externo. Ele é constituído por fibras motoras que conduzem impulsos do sistema nervoso central aos músculos esqueléticos. O corpo celular de uma fibra motora do SNP voluntário fica localizado dentro do SNC e o axônio vai diretamente do encéfalo ou da medula até o órgão que inerva.



O **SNP Autônomo ou Visceral**, como o próprio nome diz, funciona independentemente de nossa vontade e tem por função regular o ambiente interno do corpo, controlando a atividade dos sistemas digestório, cardiovascular, excretor e endócrino. Ele contém fibras nervosas que conduzem impulsos do sistema nervoso central aos músculos lisos das vísceras e à musculatura do coração. Um nervo motor do SNP autônomo difere de um nervo motor do SNP voluntário pelo fato de conter dois tipos de neurônios, um neurônio **pré-ganglionar** e outro **pós-ganglionar**. O corpo celular do neurônio pré-ganglionar fica localizado dentro do SNC e seu axônio vai até um gânglio, onde o impulso nervoso é transmitido sinapticamente ao neurônio pós-ganglionar. O corpo celular do neurônio pós-ganglionar fica no interior do gânglio nervoso e seu axônio conduz o estímulo nervoso até o órgão efetuator, que pode ser um músculo liso ou cardíaco.

O sistema nervoso autônomo compõe-se de três partes:

- Dois ramos nervosos situados ao lado da coluna vertebral. Esses ramos são formados por pequenas dilatações denominadas **gânglios**, num total de 23 pares.
- Um conjunto de nervos que liga os gânglios nervosos aos diversos órgãos de nutrição, como o estômago, o coração e os pulmões.
- Um conjunto de nervos comunicantes que ligam os gânglios aos nervos raquidianos, fazendo com que o sistema autônomo não seja totalmente independente do sistema nervoso cefalorraquidiano.

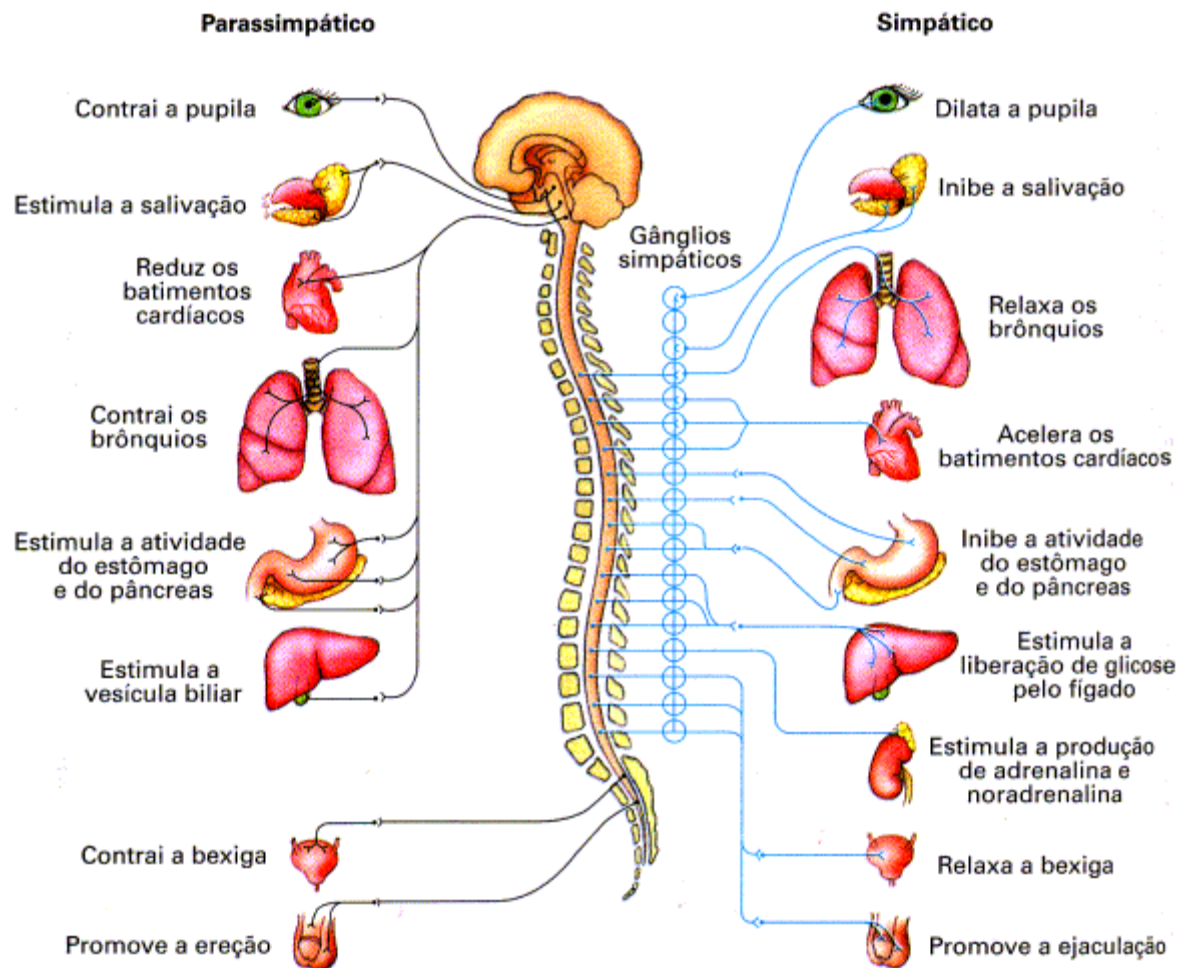




Imagem: LOPES, SÔNIA. Bio 2.São Paulo, Ed. Saraiva, 2002.

O sistema nervoso autônomo divide-se em **sistema nervoso simpático** e **sistema nervoso parassimpático**. De modo geral, esses dois sistemas têm funções contrárias (antagônicas). Um corrige os excessos do outro. Por exemplo, se o sistema simpático acelera demasiadamente as batidas do coração, o sistema parassimpático entra em ação, diminuindo o ritmo cardíaco. Se o sistema simpático acelera o trabalho do estômago e dos intestinos, o parassimpático entra em ação para diminuir as contrações desses órgãos.

O SNP autônomo simpático, de modo geral, estimula ações que mobilizam energia, permitindo ao organismo responder a situações de estresse. Por exemplo, o sistema simpático é responsável pela aceleração dos batimentos cardíacos, pelo aumento da pressão arterial, da concentração de açúcar no sangue e pela ativação do metabolismo geral do corpo.

Já o SNP autônomo parassimpático estimula principalmente atividades relaxantes, como as reduções do ritmo cardíaco e da pressão arterial, entre outras.

Uma das principais diferenças entre os nervos simpáticos e parassimpáticos é que as fibras pós-ganglionares dos dois sistemas normalmente secretam diferentes hormônios. O hormônio secretado pelos neurônios pós-ganglionares do sistema nervoso **parassimpático** é a **acetilcolina**, razão pela qual esses neurônios são chamados **colinérgicos**.

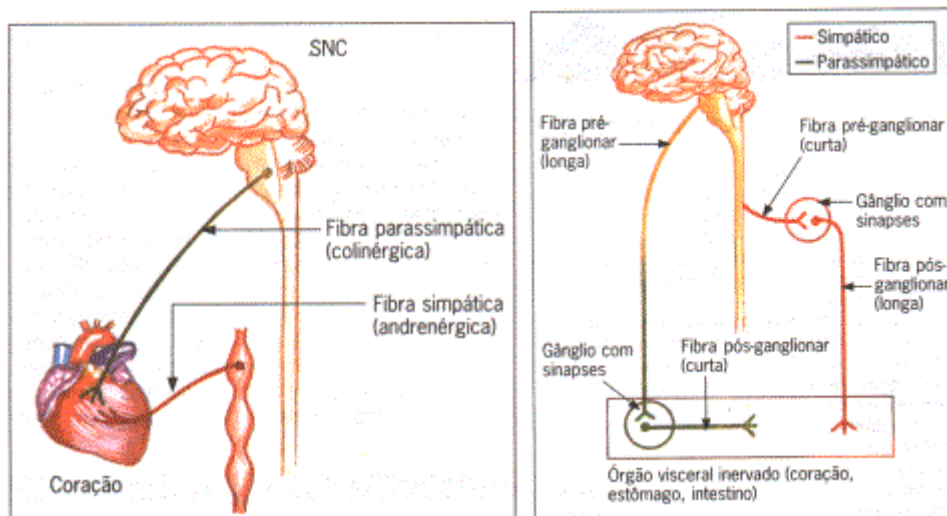
Os neurônios pós-ganglionares do sistema nervoso **simpático** secretam principalmente **noradrenalina**, razão por que a maioria deles é chamada neurônios **adrenérgicos**. As fibras adrenérgicas ligam o sistema nervoso central à glândula **supra**-renal, promovendo aumento da secreção de adrenalina, hormônio que produz a resposta de "luta ou fuga" em situações de stress.

A acetilcolina e a noradrenalina têm a capacidade de excitar alguns órgãos e inibir outros, de maneira antagônica.

| Órgão   | Efeito da estimulação simpática                    | Efeito da estimulação parassimpática  |
|---|--|---------------------------------------|
| <b>Olho:</b> pupila<br>Músculo ciliar                               | Dilatada<br>nenhum                                 | Contraída<br>Excitado                 |
| <b>Glândulas gastrointestinais</b>                                  | vasoconstrição                                     | Estimulação de secreção               |
| <b>Glândulas sudoríparas</b>  | sudação  | Nenhum                                |
| <b>Coração:</b> músculo<br>(miocárdio)<br>Coronárias                | Atividade aumentada<br>Vasodilatação               | Diminuição da atividade<br>Constrição |
| <b>Vasos sistêmicos:</b> sanguíneos<br>Abdominal<br>Músculo<br>Pele | Constrição<br>Dilatação<br>Constrição ou dilatação | Nenhum<br>Nenhum<br>Nenhum            |
| <b>Pulmões:</b> brônquios<br>Vasos sanguíneos                       | Dilatação<br>Constrição moderada                   | Constrição<br>Nenhum                  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Tubo digestivo:</b> luz<br>Esfínteres           | Diminuição do tônus e da peristalse<br>Aumento do tônus | Aumento do tônus e do peristaltismo<br>Diminuição do tônus |
| <b>Fígado</b>                                      | Liberação de glicose                                    | Nenhum   |
| <b>Rim</b>   | Diminuição da produção de urina                         | Nenhum   |
| <b>Bexiga:</b> corpo<br>Esfíncter                  | Inibição<br>Excitação                                   | Excitação<br>Inibição                                      |
| <b>Ato sexual masculino</b>                        | Ejaculação  | Ereção   |
| <b>Glicose sangüínea</b>                           | Aumento   | Nenhum   |
| <b>Metabolismo basal</b>                           | Aumento em até 50%                                      | Nenhum   |
| <b>Atividade mental</b>                            | Aumento   | Nenhum   |
| <b>Secreção da medula supra-renal</b> (adrenalina) | Aumento   | Nenhum   |

Em geral, quando os centros simpáticos cerebrais se tornam excitados, estimulam, simultaneamente, quase todos os nervos simpáticos, preparando o corpo para a atividade.



Além do mecanismo da descarga em massa do sistema simpático, algumas condições fisiológicas podem estimular partes localizadas desse sistema. Duas das condições são as seguintes:

- **Reflexos calóricos:** o calor aplicado à pele determina um reflexo que passa através da medula espinhal e volta a ela, dilatando os vasos sangüíneos cutâneos. Também o

aquecimento do sangue que passa através do centro de controle térmico do hipotálamo aumenta o grau de vasodilatação superficial, sem alterar os vasos profundos.

- **Exercícios:** durante o exercício físico, o metabolismo aumentado nos músculos tem um efeito local de dilatação dos vasos sangüíneos musculares; porém, ao mesmo tempo, o sistema simpático tem efeito vasoconstritor para a maioria das outras regiões do corpo. A vasodilatação muscular permite que o sangue flua facilmente através dos músculos, enquanto a vasoconstrição diminui o fluxo sangüíneo em todas as regiões do corpo, exceto no coração e no cérebro.

Nas junções neuro-musculares, tanto nos gânglios do SNPA simpático como nos do parassimpático, ocorrem sinapses químicas entre os neurônios pré-ganglionares e pós-ganglionares. Nos dois casos, a substância neurotransmissora é a **acetilcolina**. Esse mediador químico atua nas dobras da membrana, aumentando a sua permeabilidade aos íons sódio, que passa para o interior da fibra, despolarizando essa área da membrana do músculo. Essa despolarização local promove um potencial de ação que é conduzido em ambas as direções ao longo da fibra, determinando uma contração muscular. Quase imediatamente após ter a acetilcolina estimulado a fibra muscular, ela é destruída, o que permite a despolarização da membrana.

## O ÁLCOOL E OS NEUROTRANSMISSORES



O etanol afeta diversos neurotransmissores no cérebro, entre eles o ácido gama-aminobutírico (GABA). Existem dois tipos de receptores deste neurotransmissor: os GABA-alfa e os GABA-beta, dos quais apenas o primeiro é estimulado pelo álcool, o que resulta numa diminuição de sensibilidade para outros estímulos.

O resultado é um efeito muito mais inibitório no cérebro, levando ao relaxamento e sedação do organismo. Diversas partes do cérebro são afetadas pelo efeito sedativo do álcool tais como aquelas responsáveis pelo movimento, memória, julgamento, respiração, etc.

O etanol afeta diversos neurotransmissores no cérebro, entre eles o ácido gama-aminobutírico (GABA). Existem dois tipos de receptores deste neurotransmissor: os GABA-alfa e os GABA-beta, dos quais apenas o primeiro é estimulado pelo álcool, o que resulta numa diminuição de sensibilidade para outros estímulos. O resultado é um efeito muito mais inibitório no cérebro, levando ao relaxamento e sedação do organismo. Diversas partes do cérebro são afetadas pelo efeito sedativo do álcool tais como aquelas responsáveis pelo movimento, memória, julgamento, respiração, etc.

O sistema glutamatérgico, que utiliza glutamato como neurotransmissor, também parece desempenhar papel relevante nas alterações nervosas promovidas pelo etanol, pois o álcool

também altera a ação sináptica do glutamato no cérebro, promovendo diminuição da sensibilidade aos estímulos.

## Depressão, ansiedade e neurotransmissores

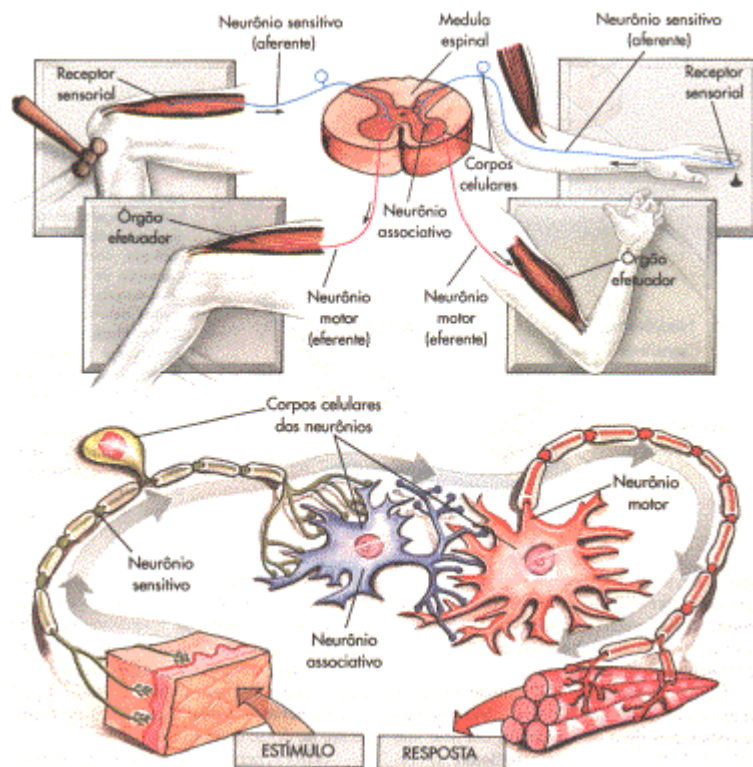


A ação terapêutica das drogas antidepressivas tem lugar no Sistema Límbico, o principal centro cerebral das emoções. Este efeito terapêutico é consequência de um aumento funcional dos neurotransmissores na fenda sináptica, principalmente da noradrenalina, da serotonina e/ou da dopamina, bem como alteração no número e sensibilidade dos neuroreceptores. O aumento de neurotransmissores na fenda sináptica pode se dar através do **bloqueio da recaptação** desses neurotransmissores no neurônio pré-sináptico ou ainda, através da inibição da Monoaminaoxidase, enzima responsável pela inativação destes neurotransmissores.

A vontade de comer doces e a sensação de já estar satisfeito com o que comeu dependem de uma região cerebral localizada no hipotálamo. Com taxas normais de serotonina a pessoa sente-se satisfeita com mais facilidade e tem maior controle na vontade de comer doce.

Havendo diminuição da serotonina, como ocorre na depressão, a pessoa pode ter uma tendência ao ganho de peso. É por isso que medicamentos que aumentam a serotonina estão sendo cada vez mais utilizados nas dietas para perda de peso.

## Os atos reflexos



Os **atos reflexos** ou simplesmente **reflexos** são respostas automáticas, involuntárias a um estímulo sensorial. O estímulo chega ao órgão receptor, é enviado à **medula** através de neurônios sensitivos ou aferentes (chegam pela raiz dorsal). Na medula, neurônios associativos recebem a informação e emitem uma ordem de ação através dos neurônios motores (saem da medula através da raiz ventral). Os neurônios motores ou eferentes chegam ao órgão efetor que realizará uma resposta ao estímulo inicial. Esse caminho seguido pelo impulso nervoso e que permite a execução de um ato reflexo é chamado **arco reflexo**.